



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Dispositivos de Localización y Seguimiento en Pequeñas Unidades de Montaña

Autor

C.A.C. Juan de Dios Hermosín Acasuso

Directores

Capitán D. Raúl Valentín Rivera Rojo
Profesor D. Álvaro Barreras Peral

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
Año 2015

GLOSARIO

| | |
|---------|--|
| ASPFOR | Afghanistan Spanish Force |
| BFT | Blue Force Tracking |
| CAC | Caballero Alférez Cadete |
| CIA | Compañía |
| COMFUT | Combatiente del Futuro |
| EMMOE | Escuela Militar de Montaña y Operaciones Especiales |
| FELIN | Fantassin   équipements et Liasons Int gr s |
| FFT | Friendly Force Tracking |
| FIST | Future Infantry Soldier Technology |
| GLONASS | Global naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema |
| GPS | Global Geopositioning System |
| HR | Humedad Relativa |
| JCIA | Jefe de Compañía |
| JSEC | Jefe de Sección |
| JTM | Jefatura de Tropas de Montaña |
| OE | Operaciones Especiales |
| OTAN | Organización del Tratado del Atlántico Norte |
| PEO | Program Executive Office |
| RCZM | Regimiento de Cazadores de Montaña |
| SAASM | Selective Availability Anti-Spoofing Module |
| AES | Advanced Encryption Standard |
| SEC | Sección |
| UHF | Ultra High Frequency |
| VHF | Very High Frequency |

RESUMEN

El siguiente estudio pretende ofrecer una solución a la necesidad táctica de comunicación y seguimiento en las pequeñas unidades de montaña. Para ello se han analizado las necesidades de una unidad y los parámetros más relevantes de los dispositivos a considerar. La solución propuesta se basa en la combinación de las tecnologías existentes en la industria civil y militar, a partir de las cuales se genera un sistema mixto apto para el empleo por parte de unidades militares que operan en entornos de especial hostilidad como es la montaña. El estudio incluye un profundo análisis de mercado y una rigurosa selección de los dispositivos que componen el sistema resultante. El trabajo analítico se ha complementado con la experiencia práctica a partir de la adquisición por parte del autor de uno de los dispositivos estudiados con el fin de comprobar sus prestaciones en diferentes entornos y condiciones.

ÍNDICE

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. | ANTECEDENTES | 2 |
| 3. | ALCANCE | 4 |
| 3.1. | <i>Objetivos</i> | 4 |
| 3.2. | <i>Definición del sistema</i> | 5 |
| 3.3. | <i>Metodología</i> | 5 |
| 4. | DESARROLLO DEL PROYECTO | 7 |
| 4.1. | <i>Sistemas de localización y seguimiento en pequeñas unidades</i> | 7 |
| 4.2. | <i>Análisis de mercado para identificar un dispositivo de Seguimiento a nivel Compañía</i> | 8 |
| 4.3. | <i>Análisis de mercado para identificar un dispositivo de Seguimiento a nivel Sección</i> | 9 |
| 4.4. | <i>Selección del sistema de Seguimiento a nivel Compañía</i> | 10 |
| 4.4.1. | <u>Parámetros</u> | 10 |
| 4.4.2. | <u>Proceso de selección:</u> | 13 |
| 4.4.3. | <u>Conclusiones</u> | 17 |
| 4.5. | <i>Selección del sistema de seguimiento de Sección</i> | 18 |
| 4.5.1. | <u>Parámetros</u> | 18 |
| 4.5.2. | <u>Proceso de selección</u> | 20 |
| 4.5.3. | <u>Conclusiones</u> | 24 |
| 4.6. | <i>Propuesta de sistema mixto de telecomunicaciones-seguimiento</i> | 24 |
| 5. | CONCLUSIÓN GENERAL | 25 |
| 6. | ANEXOS | 27 |

| | | |
|---------------|---|----|
| 6.1. | <i>ANEXO 1: Orgánica y Transmisiones de la Compañía de Infantería Ligera</i> | 27 |
| 6.2. | <i>ANEXO 2: Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS)</i> | 28 |
| 6.3. | <i>ANEXO 3: Dispositivos de ayuda a la navegación</i> | 30 |
| 6.4. | <i>ANEXO 4: Análisis de dispositivos de Localización y Seguimiento en el ámbito civil</i> | 31 |
| 6.5. | <i>ANEXO 5: Análisis de dispositivos de Localización y Seguimiento en el ámbito militar</i> | 32 |
| 6.5.1. | <u><i>Blue Force Tracking</i></u> | 32 |
| 6.5.2. | <u><i>Red Táctica</i></u> | 32 |
| 6.5.3. | <u><i>Radios de pelotón</i></u> | 34 |
| 6.6. | <i>ANEXO 6: Dispositivos de Seguimiento seleccionados como posibles opciones para el sistema de Compañía</i> | 35 |
| 6.6.1. | <u><i>SPOT GEN3</i></u> | 35 |
| 6.6.2. | <u><i>DELORME INREACH SE</i></u> | 37 |
| 6.6.3. | <u><i>NAL SHOUT NANO</i></u> | 39 |
| 6.6.4. | <u><i>TRACK24 ECHO</i></u> | 41 |
| 6.7. | <i>ANEXO 7: Dispositivos de Seguimiento seleccionados como posibles opciones para el sistema de Sección</i> | 43 |
| 6.7.1. | <u><i>EXELIS SPEARNET</i></u> | 43 |
| 6.7.2. | <u><i>GENERAL DYNAMICS / THALES PRC-154</i></u> | 45 |
| 6.7.3. | <u><i>HARRIS RF-7800S</i></u> | 47 |
| 6.7.4. | <u><i>ELBIT SYSTEMS PNR-500</i></u> | 48 |
| 6.8. | <i>ANEXO 8: Programa Combatiente del Futuro (COMFUT)</i> | 49 |
| 6.9. | <i>ANEXO 9: Dificultades durante el proyecto</i> | 51 |
| 6.10. | <i>ANEXO 10: Experiencias propias con Spot en Alta Montaña y Selva</i> | 53 |
| 7. | BIBLIOGRAFÍA: | 57 |

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este proyecto es el análisis del uso de los sistemas de localización y seguimiento en pequeñas unidades militares de montaña, así como el diseño de una solución que resuelva necesidades no cubiertas en la actualidad.

Por sistema de localización se entiende aquel que permite conocer de forma remota la posición de una persona u objeto de interés en un momento determinado. El seguimiento es entonces el conocimiento de la posición de dicha persona en instantes próximos en el tiempo, siendo posible deducir el movimiento que esta ha llevado a cabo. Cuanto más próximos sean estos instantes entre sí, más precisa será la información del movimiento, aproximándose a un conocimiento de la posición en tiempo real. Una presentación más detallada de los Sistemas Globales de Navegación por Satélite y de los Dispositivos de ayuda a la Navegación se incluye en los ANEXOS 2 y 3, respectivamente.

El diseño de un sistema de este tipo es algo relativamente sencillo con las tecnologías disponibles actualmente. Sin embargo, definir un sistema adecuado para pequeñas unidades militares de montaña requiere un trabajo de una mayor profundidad, debido a las significativas peculiaridades que se presentan.

Una de las dificultades que presenta la definición de un sistema de seguimiento para este tipo de unidades es que estas deben prescindir de vehículos debido a la naturaleza del terreno en que operan. Esto les impide tener las infraestructuras apoyadas en vehículos, que son el principal medio a la hora de establecer las comunicaciones militares. Otra dificultad del terreno montañoso es que no se pueden desplazar grandes masas de personal y material. Las restricciones respecto al primero se deben a la alta exigencia física y técnica del combate en montaña, que requiere una enorme preparación previa que para el soldado raso abarca un periodo de nueve meses en los que se instruye en ambiente invernal y estival.

En cuanto al material, este debe ser transportado principalmente por los propios soldados, con las limitaciones de volumen, peso y rapidez de movimiento que ello implica. Todo esto hace que las unidades de montaña sean por naturaleza pequeñas y que actúen de forma dispersa e independiente, siendo el mando y control de estas algo complicado para los niveles orgánicos superiores.

Es por esto que estas unidades requieren de un sistema de seguimiento particular, diferente de aquellos empleados por unidades embarcadas en vehículos para las que ya existen sistemas eficaces.

El sistema que se pretende establecer ha de ser ligero, resistente, de bajo coste y altas prestaciones, apto para ser portado por muchos pequeños grupos dispersos en un ambiente hostil como es el de media y alta montaña.



2. ANTECEDENTES

Es un hecho que un mando tiene mayor interés por conocer la localización exacta de un determinado elemento cuanto mayor sea la relevancia estratégica del mismo en el campo de batalla. Esta necesidad de información ha ido definiendo, dentro de los límites de la tecnología, la dirección de desarrollo de los sistemas de seguimiento. De este modo los navíos y aeronaves fueron los primeros en integrar sistemas de seguimiento. Posteriormente esta capacidad se trasladó a unidades terrestres con los primeros sistemas de seguimiento para unidades acorazadas (carros de combate) en las principales potencias de la OTAN ([74]).

El siguiente paso en esta expansión del conocimiento del mando es dotar de sistemas de seguimiento a las unidades desembarcadas. Las primeras en ver estos avances han sido las unidades mecanizadas. Estas son unidades de infantería cuyo combate se basa en efectivos a pie embarcadas en vehículos ligeramente acorazados y artillados que actúan además como plataforma para las comunicaciones y en este caso para el conocimiento de la posición. Esto es lo que se ha venido empleando en las misiones llevadas a cabo en Oriente Medio en las últimas dos décadas, ya que las grandes distancias a cubrir en entorno desértico hace que apenas se utilicen unidades a pie y que estas se apoyen en diferentes tipos de vehículos blindados (ver [69] para más información).

Las necesidades tácticas de estas misiones, así como los límites tecnológicos y presupuestarios, han hecho que los sistemas de mando y control se hayan apoyado en las comunicaciones vehiculares; en cambio, los exclusivos de unidades a pie han permanecido como parte de los programas de desarrollo pero nunca como objetos de una inversión a gran escala. El ejército de los EE.UU. ha liderado la investigación en este campo con programas como el "PEO Soldier" ([70]) y otros socios de la OTAN han iniciado programas paralelos como es el caso de FIST ([19]), FELIN [20], Gladius ([21]) o COMFUT(ANEXO 8) para Reino Unido, Francia, Alemania y España respectivamente. Todos ellos tienen como finalidad definir el equipo que satisfaga las principales necesidades tácticas de soldados a pie con el objetivo de establecer las prioridades de investigación para la industria de defensa.

En consecuencia, se puede afirmar que unidades eminentemente ligeras, como las paracaidistas o de montaña, que han de prescindir de una infraestructura vehicular en su sistema de Mando y Control, carecen en la actualidad de un sistema de seguimiento que permita a los órganos superiores de decisión tener conciencia situacional del desarrollo de las operaciones que este tipo de unidades llevan a cabo.

Sin embargo, en las operaciones de contrainsurgencia desarrolladas principalmente en Afganistán, han cobrado especial relevancia las acciones de unidades de Operaciones Especiales (OE) de las fuerzas aliadas. Estas actúan en pequeños grupos dispersos, por lo que han comenzado a portar elementos que permiten seguir su movimiento desde el puesto de mando o sobre el propio terreno. La similitud de las acciones de las unidades de OE y las de las unidades de montaña es evidente. Así lo muestra el hecho de que los cursos para mandos



de estas especialidades estén centralizados en Jaca en la Escuela Militar de Montaña y Operaciones Especiales (EMMOE) ([71]).

Por todo ello, la principal innovación de este trabajo consiste en la definición de un sistema de seguimiento para unidades de montaña, que no goza ni de los vehículos en que se apoyan otras unidades de infantería ligera, ni del margen presupuestario de una unidad pequeña y especializada como el Mando de Operaciones Especiales.



3. ALCANCE

3.1. *Objetivos*

En base a lo descrito en los apartados anteriores el objetivo final del presente proyecto es la definición de un sistema de Geolocalización que proporcione:

- **Mayor seguridad en la gestión de los Recursos Humanos de las unidades de montaña**, a partir del empleo del sistema de seguimiento en las actividades de instrucción y adiestramiento que tienen lugar en entornos de media y alta montaña. Sabiendo que uno de los principales riesgos de dicho entorno es la pérdida del personal o las lesiones en lugares de difícil reconocimiento y acceso, el empleo de medios que aporten información constante sobre la posición de los efectivos permitirá una actuación inmediata en caso necesario.
- Este aumento de la capacidad de respuesta permitirá a su vez, dentro de los límites de la seguridad, **llevar a cabo ejercicios de mayor riesgo**. Esto permitirá por tanto un aumento del nivel de instrucción de las unidades, siendo posible llevar a cabo actividades que sin unos medios de localización eficaces serían inviables por motivos de seguridad.
- **Incremento de las capacidades tácticas de la compañía** como infantería ligera de montaña debido a las mejoras de mando y control que suponen tanto para el Jefe de Compañía (JCIA) como para los Jefes de Sección (JSEC) el poder conocer la ubicación exacta de sus unidades subordinadas. Con ello se mejora la conciencia situacional de los mandos de la compañía y, en consecuencia, la toma de decisiones en los despliegues y movimientos de las unidades.
- **Mejora de la eficacia en misiones internacionales**, en las que actúa como fuerza de contrainsurgencia, gracias al empleo de sistemas de seguimiento propios además de los vehiculares empleados en el perfil las misiones actuales. Esto constituye un margen de seguridad en la capacidad de decisión del mando por contar con más de un sistema para un mismo fin. Además, permite que esta capacidad de decisión no disminuya con patrullas a pie o fuerzas desembarcadas que actúen de forma dispersa.

Obsérvese que la consecución de dicho objetivo incluye la propuesta de un sistema de comunicaciones y seguimiento, así como la elección de los dispositivos adecuados. Este último objetivo precisa de un detallado análisis de los sistemas actuales y una correcta parametrización del problema.

El estudio sistemático del problema planteado anteriormente pretende establecer un marco para el estudio de problemas similares (definición de sistemas de Geolocalización en otro tipo de unidades).



3.2. *Definición del sistema*

Para definir el sistema se emplearán términos de la orgánica de las unidades descritos en el ANEXO 1.

Con la intención de satisfacer los objetivos fijados en el apartado anterior, a partir de este estudio se pretende **definir un sistema de seguimiento** para una **Compañía de Cazadores de Montaña** estableciendo dos niveles:

- Nivel Jefe de Compañía (JCIA) (Capitán): mediante el que el JCIA conoce la localización de sus secciones subordinadas.
- Nivel Jefe de Sección (JSEC) (Teniente): en el que el JSEC conoce los movimientos de sus pelotones subordinados.

Para lograr el sistema anterior se pretende realizar un **proceso de selección** para elegir los dispositivos en los que se base el sistema de seguimiento que satisfaga en mayor medida las necesidades de Mando y Control de los dos niveles establecidos: nivel de Compañía y nivel de Sección.

3.3. *Metodología*

Con el fin de llevar a cabo un proceso de análisis y selección adecuados, el estudio se dividirá en las siguientes fases:

- Acotar la entidad sobre la que elaborar el sistema de seguimiento. En esta fase se identifica a la Compañía, ya que constituye la unidad sobre la que se articulan las acciones del Regimiento. Este es a su vez la principal unidad independiente tanto a la hora de gestionar sus propios programas de instrucción y adiestramiento como en los despliegues en misiones internacionales. (Sección 4.1).
- Análisis del material de transmisiones de que se dispone actualmente a nivel Compañía y sus posibilidades respecto al envío de localizaciones. (Sección 4.1).
- Valoración de alternativas disponibles en el mercado tanto de la industria civil como militar y primera preselección de los dispositivos. (Sección 4.2, Sección 4.3).
- Definición de los parámetros y **ponderación** de los mismos en función de la importancia que tenga cada uno de estos en el sistema final. (Sección 4.4, Sección 4.5).
- Valoración de cada uno de los dispositivos, atendiendo a los parámetros establecidos en la fase anterior. (Sección 4.4, Sección 4.5).



- Cálculo de las puntuaciones finales de los dispositivos, basadas en las calificaciones asignadas y los respectivos factores de relevancia. De estas se obtiene la elección de los dispositivos más adecuados para los niveles de Compañía y Sección respectivamente. (Sección 4.4, Sección 4.5).
- Conclusiones: Análisis de los resultados globales verificando que el sistema final es viable para su adquisición por parte de las unidades de montaña y que potencialmente cumple con los objetivos marcados. (Sección 4.6).



4. DESARROLLO DEL PROYECTO

En esta sección se presenta el problema de localización y seguimiento en el contexto de las pequeñas unidades, estableciendo dos niveles que se analizarán de manera paralela. Después se presentan los dispositivos de seguimiento para los dos niveles establecidos, incluyendo análisis del mercado y características generales de los mismos. Por último, se realiza una parametrización del problema de localización y seguimiento para ambos niveles y se analizan diferentes dispositivos haciendo uso de dicha parametrización.

4.1. *Sistemas de localización y seguimiento en pequeñas unidades*

Como se ha mencionado anteriormente, el problema que se plantea es dotar al mando de la capacidad de establecer dentro de su unidad un sistema de seguimiento de las unidades subordinadas con los dispositivos que mejor satisfagan las necesidades tácticas de la misma.

Por diferentes razones que se mencionan a continuación, se ha decidido acotar el trabajo en el marco de una Compañía de Infantería Ligera. Además de ser esta la unidad sobre la que se articula esencialmente la fuerza operativa tanto en su preparación como en misiones, en el entorno de montaña esta unidad tiene incluso mayor autonomía por lo disperso de los despliegues y la especialización de los efectivos instruidos en el movimiento y combate que se desarrolla en dichos ambientes. La orgánica y transmisiones de la Compañía vienen descritas en el ANEXO 1, del cual extraemos que existen dos niveles dentro de la Compañía con la Sección como límite ente ambos. En la actualidad, la **comunicación** en los diferentes niveles se lleva a cabo mediante los siguientes dispositivos:



Imagen 1: dispositivo PR4G



Imagen 2: dispositivo PNR-500.

- Nivel Compañía: enlace Compañía–Sección por medio del dispositivo PR4G (*Imagen1*).
- Nivel Sección: enlace Sección - Pelotón por medio del dispositivo PNR-500 (*Imagen 2*).



A lo largo del presente trabajo se hablará de *nivel Compañía* y de *nivel Sección* haciendo referencia a estos dos niveles.

Sin embargo, los dispositivos que se emplean actualmente para satisfacer las necesidades de Mando y Control no tienen capacidad para establecer un sistema de **seguimiento** que permita conocer la ubicación de las unidades subordinadas.

En primer lugar, la PR4G con la que se establece la malla de compañía únicamente permite la transmisión de la ubicación pero no dispone de una función que haga esto de forma periódica y automática, por lo que no es apta para establecer un sistema de seguimiento.

En segundo lugar, la PNR-500 no tiene siquiera la opción de acoplar una antena GPS externa, por lo que queda igualmente descartada para definir este tipo de sistemas.

Por todo ello se precisa la adquisición de nuevos dispositivos a nivel Compañía y nivel Sección con capacidad de seguimiento, para lo cual se llevarán a cabo los análisis de mercado presentados en los siguientes apartados.

4.2. *Análisis de mercado para identificar un dispositivo de Seguimiento a nivel Compañía*

En primer lugar se han analizado los dispositivos de seguimiento disponibles en el mercado civil como queda reflejado en el ANEXO 4.

En segundo lugar, se ha analizado el concepto de seguimiento dentro del sector militar (ver ANEXO 5), explicando cómo se apoyan en una red de comunicaciones vehicular. Asimismo se explican las propiedades básicas del modelo que se emplea de forma generalizada en el Ejército Español, el cual no satisface las necesidades actuales para el seguimiento de unidades desembarcadas.

Hay hechos que indican que el Ejército Español apuesta por mantener las actuales radios de Sección (presentadas en el ANEXO 5) como sistema de comunicación a nivel Compañía en los próximos años. Así lo demuestra la fuerte inversión (de 180 millones de Euros) que ha hecho el Estado con la firma francesa Amper para dotar al Ejército de Tierra de nuevas radios PR4G a medio plazo ([72]). Es por ello que la adquisición de una nueva radio de Sección con capacidad de seguimiento resulta inviable.

Como alternativa, es preciso considerar una solución compatible con los dispositivos PR4G (los cuales no incluyen sistema de localización). Debido al menor coste económico, esta solución estará basada en sistemas de seguimiento civiles.

Según el análisis del ANEXO 4 (y la información recogida en el ANEXO 6), los dispositivos de seguimiento disponibles en el mercado civil presentan las siguientes características generales:

- Poco peso y volumen.
- Bajo coste económico.



- Amplia cobertura geográfica para el envío de datos.
- Amplia variedad de dispositivos con diferentes propiedades.
- Necesidad de acceso a Internet o cobertura de datos telefónica para realizar el seguimiento por parte del superior.
- Necesidad de pago de cuotas anuales para mantener el servicio.
- Dependencia de estructuras/empresas ajenas al Estado español y las Fuerzas Armadas, con los consiguientes riesgos para información clasificada.

4.3. *Análisis de mercado para identificar un dispositivo de Seguimiento a nivel Sección*

En este análisis se ha valorado de nuevo la posibilidad de emplear, al igual que a nivel Compañía, dispositivos civiles para proporcionar el seguimiento. Sin embargo, el acceso a Internet de que precisan los aparatos civiles hace que se descarte por la dificultad que tiene el JSEC para acceder a este cuando se trata de unidades desembarcadas.

Por ello se consideran más adecuadas las radios militares de Pelotón, que mantienen el enlace entre el Jefe de Sección y los Jefes de Pelotón subordinados. A pesar de que la PNR-500 existente en las unidades carece de capacidad de seguimiento, sí que lo tiene la radio Spearnet adquirida para el programa COMFUT (ver ANEXO 8) y proporcionada ya de forma experimental a algunas unidades¹.

Puesto que existe la propuesta oficial por parte de este programa de una radio en concreto, el estudio sobre las radios de pelotón se centrará en verificar la viabilidad de la radio escogida por el programa COMFUT para unidades de montaña, para lo que se realizará un procedimiento similar al llevado a cabo con los dispositivos de seguimiento a nivel de Sección.

Como características generales de las radios de pelotón existentes en el mercado podemos deducir (ver ANEXO 7 para más información):

- Posibilidad de realizar el seguimiento de las unidades sobre el terreno.
- Se garantizan las comunicaciones por voz y el seguimiento mediante un solo dispositivo.
- Encriptación de la señal y no dependencia de infraestructuras/empresas externas.
- Poco alcance para el envío de datos en comparación con los dispositivos civiles.
- Necesidad de disponer de un aparato de mayor potencia para el envío de la información a estaciones lejanas donde se encuentran los niveles superiores de mando.
- Baterías y repuestos no comerciales.

¹ El CAC Daniel Alayón Alfonso dispuso de estas radios en las prácticas realizadas en el Regimiento “Canarias 50” durante el mismo periodo que las prácticas del autor de este estudio.



- No hay pago de cuotas anuales para garantizar el servicio.
- La compatibilidad de los dispositivos y la necesidad de una infraestructura de radio portátil conlleva una gran inversión en forma de contrato con la empresa proveedora.
- Poca variedad de dispositivos.
- Precio elevado.

4.4. Selección del sistema de Seguimiento a nivel Compañía

En la primera selección se ha recogido información de la amplia variedad de dispositivos disponibles en el mercado. Se han escogido los cuatro modelos más representativos, analizando prestaciones y solicitando presupuestos a las propias compañías². Los modelos escogidos son el Spot Gen3, Delorme Inreach SE, NAL Shout Nano y Track24 Echo, cuyas características y prestaciones vienen descritas en el ANEXO 6.

4.4.1. Parámetros

En este apartado se procederá a definir y explicar los parámetros condicionantes a la hora de llevar a cabo la elección de los dispositivos que proporcionarán el seguimiento de las secciones, indicando y explicando la ponderación asignada a cada parámetro según la relevancia que tienen en el proceso de decisión. De esta forma, se tiene una parametrización del problema de seguimiento a nivel Compañía que identifica qué aspectos son más relevantes a la hora de elegir un dispositivo. Dicha ponderación será un valor numérico del 1 al 5, y se asignará valorando la importancia del atributo (de menor importancia 1 a mayor importancia 5) y su escasez entre el resto de dispositivos. El listado de los parámetros seguirá el siguiente formato:

| Parámetro (ponderación numérica): Descripción del parámetro. |
|--|
|--|

- **Peso y tamaño (2):** Este es fundamental en general para cualquier unidad ligera por la cantidad de equipo que estas deben portar y el modo en que afecta a la movilidad y comodidad de los efectivos. Este hecho cobra especial relevancia en las unidades de montaña, donde la exigencia física es aún mayor por los desniveles del relieve y las bajas temperaturas. Además, el equipo a transportar para permanecer en estas zonas es mayor y más pesado que el del resto de unidades. Sin embargo, el hecho de que la mayoría de dispositivos presenten altas prestaciones con reducidas dimensiones y peso hace que este no sea un factor decisivo.

² Se contactó para petición de presupuestos de diferentes productos con las compañías NAL Research Corporation, Blue Sky Network y Track24 Defence.



- **Resistencia (3):** Definida como la resistencia a golpes, al agua y a condiciones climatológicas adversas de humedad y temperatura. Se entiende que el empleo de estos dispositivos para fines militares requiere de cierta resistencia a condiciones exigentes, teniendo mayor relevancia en el ámbito de la montaña. Debido de nuevo a las buenas prestaciones generales de los dispositivos disponibles en el mercado, este parámetro no se define con un factor de relevancia elevada.
- **Cobertura (2):** Se refiere a la capacidad del dispositivo de garantizar la comunicación y/o el seguimiento a partir de la red de satélites. Esto dependerá en primer lugar de la red comunicaciones que utilice (Globalstar, Iridium,...). En segundo lugar, la antena receptora determinará una mayor o menor calidad el cálculo de la posición, y la potencia de emisión permitirá el envío de datos en peores condiciones de cobertura. Debido a que la práctica totalidad de los dispositivos actuales ofrecen un nivel de cobertura muy amplio, este factor no es sumamente decisivo.
- **Coste del aparato (5):** Al ser la adquisición de dispositivos civiles una solución a pequeña escala y su compra de tipo “unitaria”(debido a que no son producidos con fines tácticos por grandes empresas de la industria de defensa) el coste unitario de estos se considera de gran relevancia debido a las dificultades presupuestarias de las unidades que deben de adquirirlos
- **Coste del servicio (4):** Estos dispositivos precisan del pago de cuotas para garantizar los diferentes servicios disponibles durante periodos de tiempo determinados. Del mismo modo que el coste fijo del aparato es relevante en cuanto a la adquisición, el coste variable del servicio es también un importante factor de decisión.
- **Sistema de seguimiento (5):** Este parámetro contempla la frecuencia con la que el dispositivo envía la localización del usuario que lo porta, y por tanto define la calidad del seguimiento. Además, se tienen en cuenta funciones adicionales como el poder solicitar la ubicación por iniciativa del usuario que realiza el seguimiento. El seguimiento está valorado con el máximo factor de relevancia por ser esta la primera necesidad que se quiere satisfacer, así como por las diferencias existentes a este respecto entre los dispositivos disponibles en el mercado.
- **Autonomía (3):** La alimentación de este tipo de dispositivos puede proceder de pilas comerciales, baterías específicas del fabricante o cargadores con entrada



USB o similar. Cada tipo tiene sus ventajas: si bien las pilas comerciales son más resistentes, una carga mediante USB universal nos puede permitir el empleo de baterías externas o placas solares. Independientemente de la fuente de energía, este parámetro se centra principalmente en la autonomía y posibilidades de uso del dispositivo, fundamentales a la hora de llevar a cabo operaciones de larga duración. Debido prestaciones similares de todos los dispositivos, se ha asignado una puntuación de valor medio.

- **Encriptación (4):** El encriptado de la información es algo fundamental en el entorno de las telecomunicaciones militares. Al ser esta una propiedad escasa en los dispositivos civiles, tiene gran peso a la hora de llevar a cabo la elección. En este sentido también se tiene en cuenta el medio por el cual se realiza el seguimiento. Si bien todos los dispositivos realizan la transmisión de la ubicación a través de aplicaciones o cuentas que precisan de acceso a Internet, las marcas que orientan sus productos con fines militares ofrecen plataformas para el seguimiento de las unidades con mayor seguridad que una página web convencional. Por otro lado, parece razonable asumir que los ambientes tácticos actuales no precisan de un sólido sistema de contramedidas electrónicas por la inferioridad tecnológica del enemigo, por lo que no quedan descartados los dispositivos que no tengan capacidad de cifrado.

La relevancia de los diferentes parámetros (relevancia máxima: 5) queda reflejada en el siguiente diagrama de barras:

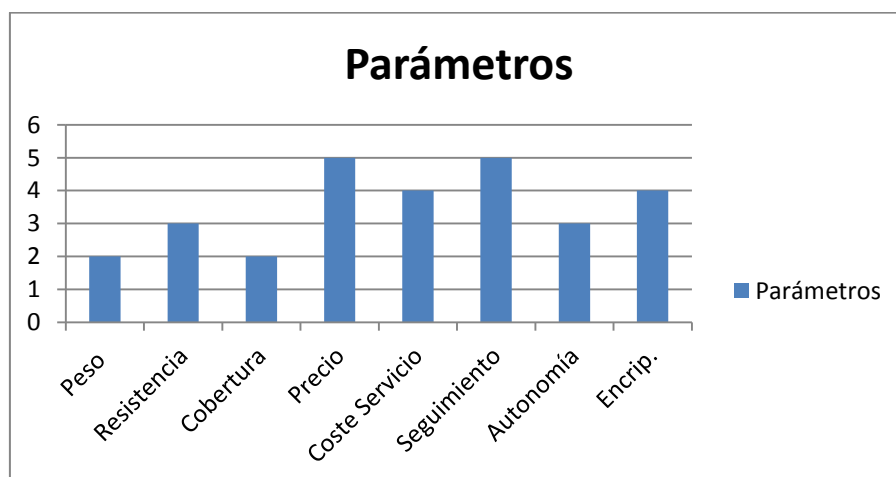


Diagrama 1



4.4.2. Proceso de selección:

Partiendo de la información recogida sobre los distintos modelos (en el ANEXO 6 se incluyen sus descripciones y datos técnicos), se ha asignado a cada dispositivo una calificación del 1 al 5 para cada una de las propiedades definidas en el apartado anterior. Esta calificación se multiplicará por los factores de relevancia de cada uno de los parámetros. La puntuación resultante revelará el dispositivo más apto atendiendo a sus propiedades y la relevancia de los diferentes parámetros.

En la Tabla 1 quedan recogidos los datos correspondientes a los cuatro dispositivos considerados.

| Dispositivo | Peso | Resistencia | Cobertura | Precio | Coste Servicio | Seguimiento | Autonomía | Encrip. |
|-----------------------|------|--------------------------------|------------|-------------------|-----------------|-------------------------------|--|---------|
| Spot Gen3 | 114g | 95% HR SAE - J1455 IP67 | Globalstar | 176\$ | 80\$ | Intervalo 10 min. | Pilas AAA (100 horas seguimiento standard) | No |
| Delorme Inreach SE | 190g | 95% HR MIL-STD-810G IP67 | Iridium | 286\$ | 144\$ | Intervalo 10 min. | Batería 2450mAh (100 horas seguimiento standard) | No |
| NALShout Nano | 170g | 75% HR | Iridium | 854\$ | 232\$ | Intervalo desde 1 min. | Batería 1.950 mAh | AES-256 |
| Track24 Echo | 150g | 95% HR IP68 | Iridium | 1.500\$ aprox. | 300\$ aprox. | Intervalo desde 30 seg. | Batería 2450mAh | AES-256 |

Tabla 1: Dispositivos para el seguimiento a nivel Compañía.

Las calificaciones asignadas a cada uno de los parámetros en relación con las prestaciones de cada dispositivo son:

- **Peso:** A pesar de que las diferencias de peso no llegan a los 100g, sí que pueden ser considerables para dispositivos que es preciso llevar expuestos en el equipo para garantizar la correcta recepción de señal. De esta manera el Spot tiene la máxima calificación (de 5) con un peso de 114g, seguido del Track24 con 150g(calificación de 4). Los otros dispositivos tienen una calificación de 3 sobre 5.
- **Resistencia:** En esta área son el Spot y el Delorme los que mejores prestaciones presentan. Ambos están certificados según la norma IP67 con altos niveles de estanqueidad ante inmersiones (1,5m) y polvo. Además el Spot tiene una resistencia a vibraciones según la norma SAE-J1455 y el Delorme según la MIL-STD-810G, específica para pruebas de estrés para material militar. El Track24 sigue la norma IP68, siendo sumergible a 2m, aunque no



presenta resistencia certificada a golpes. El NAL Shout es el que presenta menos nivel de rugerización, no teniendo ninguna norma que lo certifique y una resistencia a la Humedad Relativa menor que sus homólogos (75%HR frente a 95%HR del resto). Por todo ello, se han asignado a los respectivos dispositivos unas calificaciones de 5, 5, 4 y 1 respectivamente.

- **Cobertura:** En este ámbito el Spot es el que menos capacidad presenta al depender de una red satelital diferente que el resto de dispositivos. Sin embargo, la red Globalstar (Spot) abarca las principales superficies del planeta, a excepción de los polos y los océanos. La red Iridium que emplean el resto de dispositivos, por el contrario, cubre la totalidad de la superficie del planeta. Sin embargo, el hecho de que las posibles áreas de actuación estén cubiertas por ambas redes satelitales nos lleva a asignar una calificación similar: 4 para el Spot y 5 para el resto.
- **Precio:** En el precio, el Spot tiene ventaja sobre el resto de dispositivos. Teniendo un coste de 176\$, es un 40% más bajo que el siguiente más barato, el Delorme. El siguiente sería el NAL con 854\$ y el Track24 entorno a los 1500\$. Esto hace que en los costes iniciales el Spot tenga un 5 frente al Delorme con 3 y 1 para NAL y Track24.
- **Coste servicio:** El coste del servicio es de nuevo un 40% más barato en el Spot (calificación de 4) que en Delorme (calificación de 2), con 80\$ y 144\$ respectivamente. En cuanto a NAL y Track24, estas compañías tienen tarifas con servicios muy específicos para cada cliente, aunque siempre muy por encima de los precios anteriores, por lo que se les ha penalizado con una calificación de 1.
- **Seguimiento:** En la función de seguimiento, en primer lugar tenemos el Spot con la función más básica, que es un envío de localización con intervalos de 10 minutos. Para intervalos menores es preciso ampliar la tarifa en 40\$. En el caso del Delorme ocurre lo mismo, aunque el coste de disminuir los intervalos es mucho mayor. Sin embargo al tener este último habilitada la función de *Location Pinging* (ver ANEXO 6) con la que se incrementan las prestaciones. En el resto de productos la configuración de los intervalos es posible con el precio base desde los 30 segundos en el caso del Track24 o el minuto en el del NAL. Sin embargo, por la velocidad del movimiento de tropas a pie un intervalo de 10 minutos es suficiente para tener una conciencia situacional adecuada de las unidades. Por ello la diferencia es mínima siendo de 4 para el Spot y 5 para el resto de dispositivos.
- **Autonomía:** En cuanto a energía, Spot y Delorme son los que mayor duración presentan, unas 100 horas con el seguimiento en intervalos de 10 minutos, si bien el primero funciona con pilas y el segundo con batería. En cuanto a la viabilidad de una u otra, las pilas son más versátiles debido a su poco peso y



duresa frente a la fragilidad de las baterías externas que se precisan para recargar la batería del Delorme. Por ello, las calificaciones son de 5 para ambos dispositivos y de 3 y 4 para el NAL y Track24 respectivamente.

- **Encriptación:** En cuanto a la encriptación, Spot y Delorme no tienen esta posibilidad, mientras que NAL y Track24 tienen la capacidad de encriptar su información según el código 256-SAE. Este es un algoritmo estandarizado empleado por diversas instituciones gubernamentales y empresas privadas de EE. UU. Asimismo, NAL y Track24 ofrecen a sus usuarios una plataforma para la gestión del seguimiento en la que se emplea la información encriptada, siendo el acceso más difícil que en el caso de webs convencionales como las que emplean Spot o Delorme. De modo que las calificaciones son de 1 para estos últimos dispositivos y de 5 para los otros dos.

Estas calificaciones se resumen en la siguiente tabla, en la que también se incluyen las puntuaciones totales obtenidas por los dispositivos (teniendo en cuenta el peso de cada parámetro):

| | Peso (x2) | Resistencia (x3) | Cobertura (x2) | Precio (x5) | Servicio (x4) | Seguimiento (x5) | Energía (x3) | Encrip. (x4) | Puntuación (Máx. 140) |
|-----------------------|--------------|---------------------|-------------------|----------------|------------------|---------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| Spot Gen3 | 5 (10) | 5 (15) | 4 (8) | 5 (25) | 4 (16) | 4 (20) | 5 (15) | 1 (4) | 113 |
| Delorme Inreach SE | 3 (6) | 5 (15) | 5 (10) | 3 (15) | 2 (8) | 5 (25) | 5 (15) | 1 (4) | 98 |
| NALShout Nano | 3 (6) | 1 (3) | 5 (10) | 1 (5) | 1 (4) | 5 (25) | 3 (9) | 5 (20) | 82 |
| Track24 Echo | 4 (8) | 4 (12) | 5 (10) | 1 (5) | 1 (4) | 5 (25) | 4 (12) | 5 (20) | 96 |

Tabla 2: Ponderación de parámetros, seguimiento a nivel Compañía.

Los siguientes gráficos radiales muestran de manera visual las puntuaciones de cada dispositivo en cada parámetro y la ponderación de dichos parámetros. Al presentarse de manera conjunta se puede apreciar la adecuación de cada dispositivo a nuestro objetivo final.

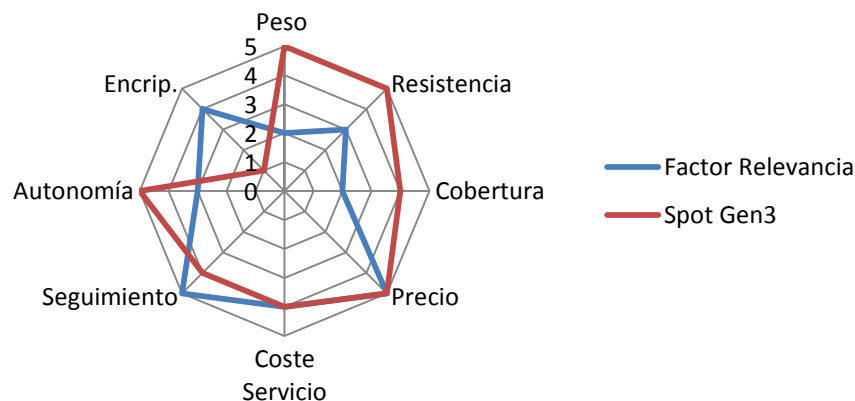


Gráfico 1: Comparación radial de parámetros. Spot Gen3.



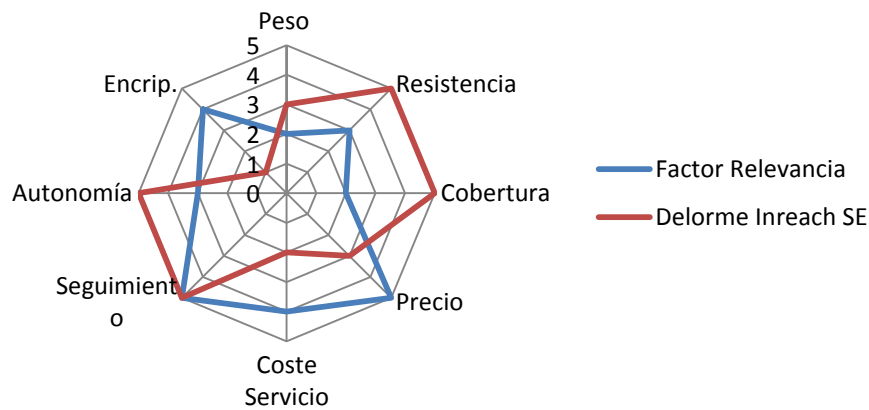


Gráfico 2: Comparación radial de parámetros. Delorme InReach.

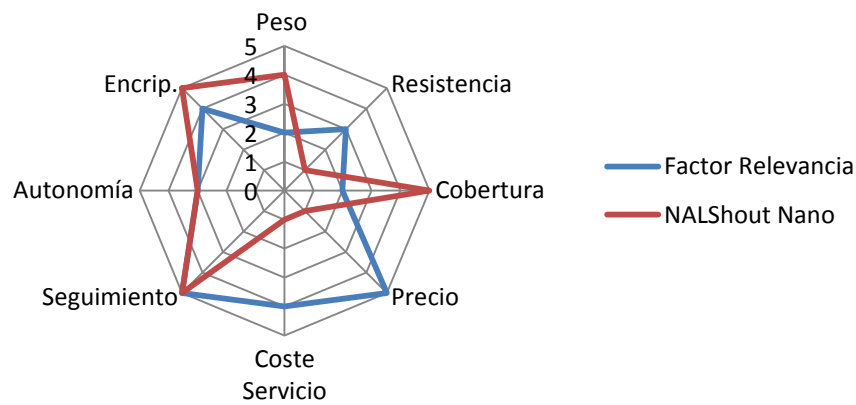


Gráfico 3: Comparación radial de parámetros. NAL Shout Nano.

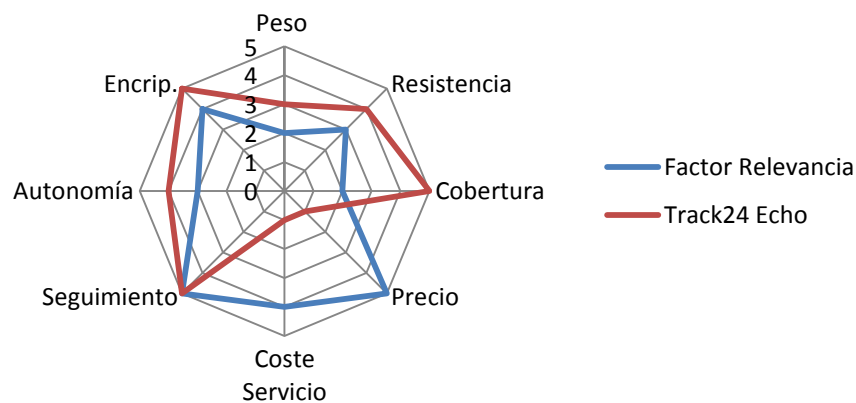


Gráfico 4: Comparación radial de parámetros. Track24 Echo.



4.4.3. Conclusiones

Considerando los resultados de este estudio, se concluye que el Spot es el dispositivo más apto para su empleo por parte de las unidades de montaña, con una puntuación final de 113 sobre 140 en la *Tabla 2*. El segundo de los dispositivos ha sido el Delorme (98 puntos) muy igualado con elTrack24 (96 puntos). Se puede observar que el elemento diferenciador es el parámetro del **precio**, uno de los que mayor factor de relevancia tiene y en el cual el Spot tiene mayor diferencia respecto al resto.

Por otro lado, estudiando los gráficos radiales de cada uno de los dispositivos, se observa que los que acumulan mayores calificaciones son aquellos cuyas prestaciones tienen las puntuaciones más elevadas en los parámetros más valorados. Así, las buenas prestaciones generales del Spot han hecho que la ventaja de los modelos más caros en áreas como la encriptación, fueran insuficiente a la hora de influir sobre el resultado final.

Se puede considerar que la vulnerabilidad principal que presenta el Spot a la hora de desplegar en terreno hostil es la falta de encriptación que presentan los modelos más económicos. Sin embargo, los escenarios actuales como Afganistán, Líbano, Mali, Somalia, Centroáfrica o Iraq no presentan una amenaza considerable en cuanto a Guerra Electrónica se refiere.

De hecho, ya se han empleado canales de empresas civiles para comunicaciones militares en las últimas misiones cuando los medios seguros no eran viables ([14]).

En cualquier caso, no es conveniente subestimar las capacidades del enemigo puesto que este es diferente en las distintas misiones que se llevan a cabo y sus capacidades son también variables. A ello hay que añadirle la vulnerabilidad de las cuentas de los dispositivos civiles ante la posibilidad de ser *hackeadas*.

Por todo ello, es preciso insistir en que este sistema no es el óptimo para cualquier escenario, y que se presenta como opción provisional para satisfacer las necesidades de localización y seguimiento a nivel Compañía como programa de desarrollo de bajo coste. Este nos permitirá identificar nuevos criterios y experiencias a la hora de continuar con el proceso de implantación de un sistema mixto de comunicaciones-seguimiento basado únicamente en dispositivos militares coordinados por un software creado para ello.



4.5. *Selección del sistema de seguimiento de Sección*

Este proceso tiene como objeto identificar la radio de Pelotón más adecuada para configurar un sistema de seguimiento de Sección para unidades de montaña. Con este fin se ha comparado la radio de pelotón Spearnet de ITT con sus homólogas de las empresas General Dynamics y Harris. Además, se ha incluido en la comparativa la radio PNR-500, empleada actualmente, con el fin de identificar las mejoras que supondría la adquisición de uno de los tres modelos anteriores.

La Spearnet es la radio escogida por EADS e Indra, contratistas principales del programa COMFUT, como la adecuada para establecer las comunicaciones individuales en el futuro sistema de Mando y Control del ET (ver ANEXO 8). Es por ello que este estudio ha de orientarse desde la perspectiva de comparar la radio ya adquirida con sus equivalentes de las principales marcas.

El análisis comparativo será similar al seguido en la sección anterior, si bien en este caso se tendrán en cuenta tanto las capacidades comunicativas como las de seguimiento, a diferencia del proceso anterior donde únicamente se consideraron estas últimas por quedar relegad a la comunicación a las radios de Sección PR4G.

4.5.1. Parámetros

De manera análoga a lo presentado en la sección anterior, se listarán los parámetros relevantes en la descripción del problema del seguimiento a nivel Sección. Estos serán empleados para la elección del dispositivo adecuado. El formato de la lista es el mismo que el de la sección anterior.

- **Ancho de banda (3):** Este parámetro indica las frecuencias en las cuales puede emitir la radio. Esto es importante, en primer lugar, porque mientras más amplio sea el rango de frecuencias en las que puede emitir la radio, menor será la probabilidad de que existan interferencias entre dispositivos (siempre que haya una buena gestión del espectro). En segundo lugar, algunas radios pueden trabajar tanto en frecuencias dentro del rango UHF (300-1000Mhz) como en otras dentro de la conocida como L-band (1000-2000 Mhz). Esto además de la ventaja mencionada anteriormente, permite tener un alcance mayor en zonas despejadas por la forma de transmisión de la onda. Como se indica en el ANEXO 2, esta banda es empleada para la emisión de la información de posicionamiento desde el satélite a los receptores GPS (L1 – L5). Además, los sistemas de Iridium, Globalstar o Inmarsat también la emplean para el envío de información desde los dispositivos a los satélites de comunicaciones. Si bien es un parámetro positivo, las elevadas prestaciones



de enlace que presentan los distintos modelos hace que se asigne una calificación media.

- **Canales (2):** Estos son las frecuencias preestablecidas para establecer enlace entre dispositivos. De esta manera definen la posibilidad de que un mismo dispositivo tenga acceso rápido a diferentes mallas. Esta función sin embargo, tiene escasa utilidad en radios de Pelotón que apenas van a cambiar de malla durante su uso por lo que tiene un escaso factor de relevancia.
- **Peso (3):** Del mismo modo que en los dispositivos de la sección anterior, el peso es un factor esencial para tropas de montaña por las dificultades de movilidad que implican el entorno en el que operan y el equipo que han de portar. Al haber más diferencia entre el peso de los dispositivos, se le ha asignado un factor de relevancia mayor que en el estudio anterior.
- **Autonomía (4):** Esta es esencial a la hora de llevar a cabo operaciones de larga duración en las que se precisa el enlace a nivel interno de la sección. Debido a la menor autonomía de los dispositivos de radio en relación con los de seguimiento de la sección anterior, la sensibilidad en la variación de este parámetro es mayor. Por ello, se le ha asignado un factor de relevancia mayor.
- **Resistencia (3):** Se basa en las prestaciones que tiene el aparato en cuanto a resistencia a golpes, inmersión, funcionamiento con alta Humedad Relativa (HR) o en temperaturas extremas. Esto es esencial en un entorno con condiciones climatológicas adversas como es la montaña.
- **GPS (4):** Se entiende que para poder realizar el seguimiento de las unidades las radios deben incorporar un receptor GPS con la que calcular la posición de estas. Sin embargo el hecho de que la PNR-500 empleada actualmente no lo tenga hace que sea preciso incluir este factor de decisión.
- **Alcance (5):** El alcance es fundamental a la hora de establecer el enlace, si bien se valora especialmente que este se mantenga en zonas con vegetación densa o entornos compartimentados como la montaña o las áreas urbanas. Debido a las diferencias existentes entre los distintos modelos y a su importancia a la hora de garantizar las comunicaciones, se le ha asignado la máxima puntuación.
- **Tráfico de datos (3):** El ancho de banda digital se define como la cantidad de datos que se pueden enviar por unidad de tiempo y se mide en bits/s. Esta capacidad de envío de información digital permite no sólo el envío de voz o localizaciones sino imágenes o documentos de gran importancia en determinadas operaciones.
- **Encriptación (2):** Esta capacidad es fundamental en las comunicaciones militares, si bien el hecho de que todas las radios la incluyan hace que tenga poco peso en la elección.



La relevancia de los diferentes parámetros (relevancia máxima: 5) queda reflejada en el siguiente diagrama de barras:

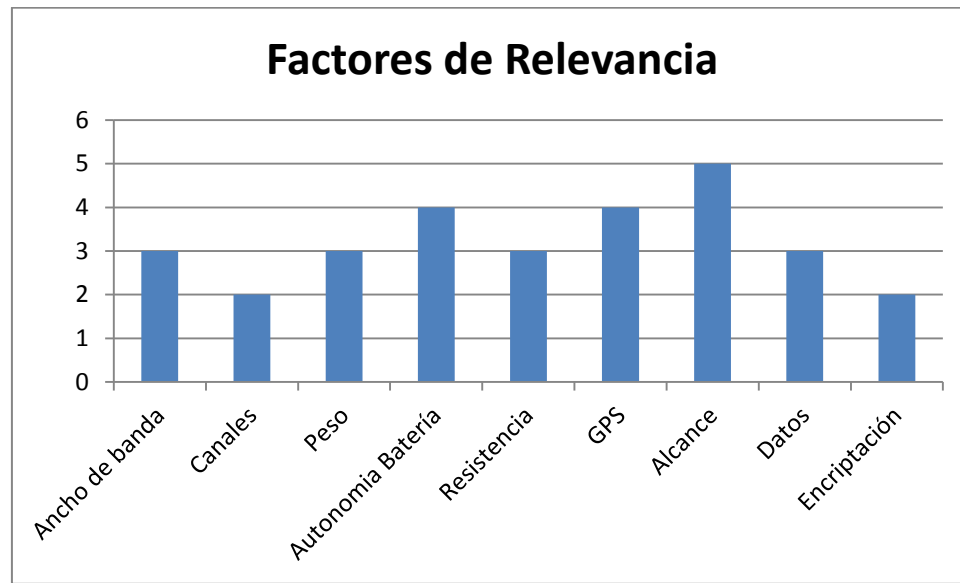


Diagrama 2

4.5.2. Proceso de selección

Partiendo de la información recogida sobre los distintos modelos (ver ANEXO 7), se ha procedido a asignar a cada dispositivo una calificación del 1 al 5 para cada una de las propiedades definidas en el apartado anterior. Esta calificación se multiplicará por los factores de relevancia de cada uno de los parámetros. La puntuación resultante revelará el dispositivo más apto atendiendo a sus propiedades y la relevancia de los diferentes parámetros.

En la Tabla 3 quedan recogidos los datos correspondientes a los cuatro dispositivos considerados.



| Dispositivo | Ancho de banda | Canales | Peso | Auton. | Protección | GPS | Alcance | Datos | Encrip. |
|-----------------|-------------------------------------|---------|------|--------|--|---------------------------------|-------------|------------------------|----------------------------|
| PNR-500 | UHF 380-430Mhz UHF 400-450Mhz | 15 | 430g | 12h | 95% HR, -20°C 1m inmersión MIL-STD-810 | No | 800 m | High data rate (desc.) | AES-256 |
| PRC-154 | UHF 225-450 Mhz L-Band 1200-1400 | 50 | 770g | 9h | 95% HR, -40°C 2m inmersión MIL-STD-810 | Integrada +SAASM opcional | 2 Km-relé | 1000 Kbps | Type 1 Secret Level |
| Spearnet | L- Band 1200-1400 | 8 | 700G | 12h | 95% HR, -20°C 1m inmersión MIL-STD-810F MIL-STD-461 EMI | Si | 2 Km 6km | 100-1500 Kbps | AES-256 |
| RF-7800S | UHF 350-450 Mhz | 14 | 300g | 8h | 95% HR, -30°C 2m inmersión MIL-STD-810F | si | 2 Km | 1000 Kbps | AES-256 Citadel- 256 |

Tabla 3: Dispositivos para el seguimiento a nivel Sección.

Las calificaciones asignadas a cada uno de los parámetros en relación con las prestaciones de cada dispositivo son:

- **Ancho de banda:** En cuanto al ancho de banda, la Spearnet y la PRC-154 son las únicas que pueden emitir en L-Band (1000-2000 Mhz), por lo que se pueden considerar las más aptas en esta área. Sin embargo, la Spearnet sólo emite en esta banda y no en UHF(300-1000Mhz), como también hace la PRC. Es por esto por lo que se le aplica una calificación menor a la primera (4) frente a la segunda (5). Los otros dispositivos tienen una calificación de 1.
- **Canales:** En número de canales la PRC (calificación de 5) con cincuenta predeterminados supera con creces al del resto de radios, siendo la Spearnet con 8 la que menos tiene (calificación de 1). El resto de dispositivos tienen una calificación de 3. Sin embargo, como veremos en el siguiente apartado la escasa relevancia que esto tiene en radios de pelotón hace que afecte poco sobre el resultado final.
- **Peso:** Aquí son las radios con menos prestaciones de enlace las que destacan más debido a la simplicidad de su diseño, por lo que la PNR-500 y la RF-7800S reciben las calificaciones más altas, 4 y 5 respectivamente; mientras que la PRC y la Spearnet califican con 1 y 2 respectivamente.
- **Autonomía Batería:** En esta área sólo la Spearnet está a la altura de la PNR-500 empleada actualmente, que tiene una autonomía de 12 horas. En el caso de la RF y la PRC la autonomía no supera las 10 horas. Por ello las calificaciones son de 4 para las de mayor autonomía y de 2 y 1 para la PRC y RF respectivamente.



- **Resistencia:** Si bien todas las radios tienen en este ámbito prestaciones similares certificadas por la norma MIL-STD-810, la PRC-154 destaca (con un 5) por su capacidad de inmersión hasta los 2m y la resistencia a temperaturas de hasta -40°C, lo que la hace especialmente apta para entornos como la montaña donde predominan las precipitaciones y las bajas temperaturas. La radio PNR tiene un 2 y el resto tienen una calificación de 4.
- **GPS:** Aquí es la PNR-500 la que tiene menor puntuación (1) por carecer de antena GPS. Por el contrario, la PRC-154 (con un 5) es la única que, además de la antena GPS convencional, tiene la posibilidad de conectar una antena SAASM. Esta es una antena específica que dificulta la pérdida de señal GPS por acciones de guerra electrónica como el *spoofing* o el *jamming* (ver ANEXO 7). El resto tienen una calificación de 4.
- **Alcance:** En esta área la Spearnet presenta prestaciones muy superiores (calificación de 5) a las de sus homólogas. Si bien las radios convencionales como la PNR o la RF (calificaciones de 1 y 2) tienen el alcance limitado a la potencia de salida del propio dispositivo (2 Km aprox.) o, como en el caso de la PRC (calificación de 3), donde un dispositivo puede hacer de repetidor sacrificando su capacidad de enlace, la Spearnet incluye una tecnología que amplía el alcance hasta 6 Km (ver ANEXO 7).
- **Datos:** En este ámbito la Spearnet (calificación 5) es de nuevo la que mayor capacidad tiene, con un ancho de banda digital de hasta 1500 Kbps, seguida de la PRC-154 con 1000 Kbps (calificación de 3). Los fabricantes de la RF y la PNR (ambas con un 2) no aportan información al respecto, únicamente que transiten datos a “alta velocidad”.
- **Encriptación:** Si bien no hay información clara al respecto, la PRC-154 (calificada con 4) es la única que certifica el empleo de algoritmos de encriptación clasificados por la NSA (*National Security Agency*) de EE. UU. como el “Type 1 Secret Level”, es decir, los sistemas más adecuados para la transmisión de información sensible ([73]). En cuanto al resto, todos incorporan el AES-256, encuadrado dentro del “Type 3 Secret Level”. Además, la RF-7800S (calificación de 3) incorpora el sistema Citadel. El resto tienen una calificación de 2.

Estas calificaciones (incluidas las puntuaciones totales) se resumen en la siguiente tabla:

| | Ancho Banda (x3) | Canales (x2) | Peso (x2) | Auton. (x4) | Resist. (x3) | GPS (x4) | Alcance (x5) | Datos (x3) | Encrip. (x2) | Puntuación (Máx. 140) |
|----------|------------------|--------------|-----------|-------------|--------------|----------|--------------|------------|--------------|-----------------------|
| PNR-500 | 1 (3) | 3 (6) | 4 (12) | 4 (16) | 2 (6) | 1 (4) | 1 (5) | 2 (6) | 2 (4) | 62 |
| PRC-154 | 5 (15) | 5 (10) | 1 (3) | 2 (8) | 5 (15) | 5 (20) | 3 (15) | 3 (9) | 4 (8) | 103 |
| Spearnet | 4 (12) | 1 (2) | 2 (6) | 4 (16) | 4 (12) | 4 (16) | 5 (25) | 5 (15) | 2 (4) | 108 |
| RF-7800 | 1 (3) | 3 (6) | 5 (15) | 1 (4) | 4 (12) | 4 (16) | 2 (10) | 2 (6) | 3 (6) | 78 |

Tabla 4: Ponderación de parámetros, seguimiento a nivel Sección.



Los siguientes gráficos radiales muestran la puntuación de cada dispositivo junto con la ponderación de cada parámetro, ofreciendo una visión individual del grado de afinidad de cada dispositivo a nuestros objetivos.

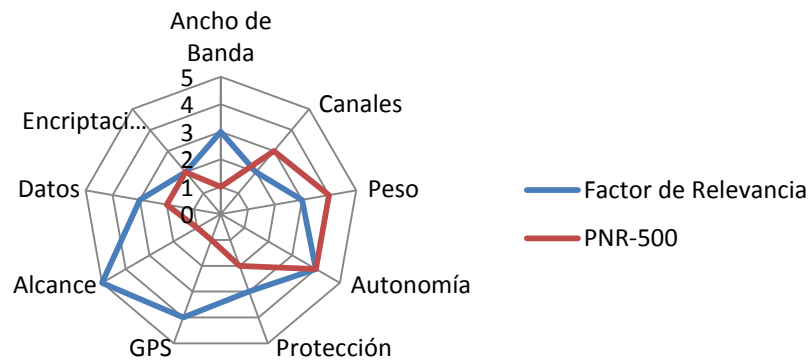


Gráfico 5: Comparación radial de parámetros. PNR-500.

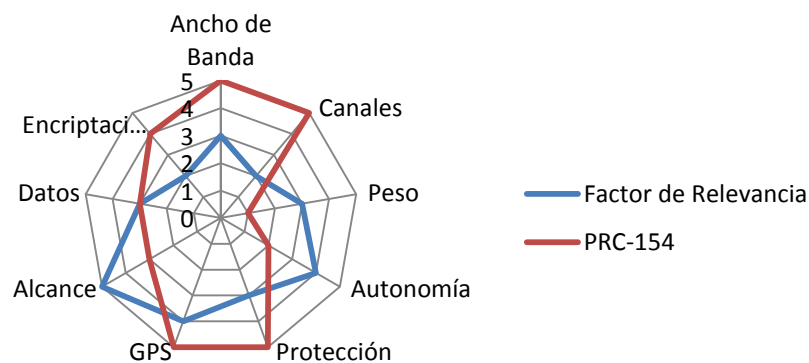


Gráfico 6: Comparación radial de parámetros. PRC-154.

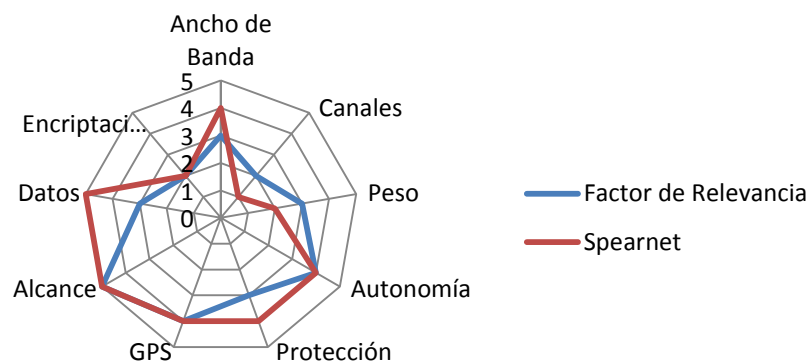


Gráfico 7: Comparación radial de parámetros. Spearnet.



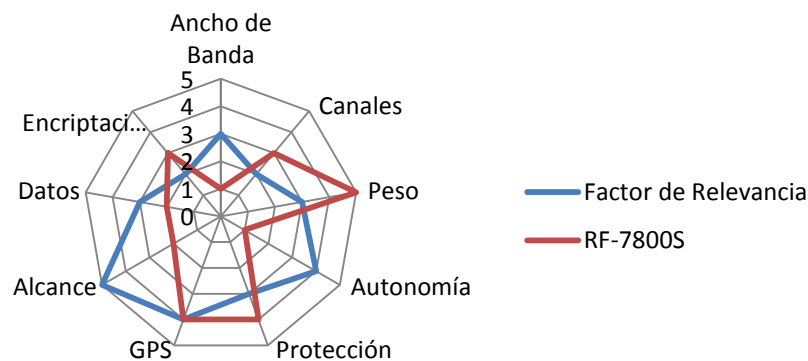


Gráfico 8: Comparación radial de parámetros. RF-7800S.

4.5.3. Conclusiones

Del estudio se extrae que la radio más apropiada para su empleo por parte de tropas de montaña es la Spearnet, con una puntuación total de 103 sobre 140. Entre las prestaciones que han influido en mayor medida sobre estos resultados destacan el **alcance** que proporciona la tecnología de red en la que las radios actúan como repetidores así como la **autonomía** de la batería. La PRC-154 ha obtenido una alta puntuación (103) debido a su ruggedización y altas prestaciones en áreas como la encriptación o la antena GPS SAASM. Sin embargo, la Spearnet presenta mayores calificaciones en los factores de relevancia como puede verse en los gráficos radiales 5, 6, 7 y 8. Se confirma con esto la polivalencia de la radio escogida para el programa COMFUT y su plena aplicación para las tropas de montaña.

4.6. *Propuesta de sistema mixto de telecomunicaciones-seguimiento*

Tras la presentación en el ANEXO 1 del sistema de comunicaciones integrado actualmente en la orgánica operativa de las unidades ligeras, el proceso de selección realizado sobre de los diferentes dispositivos disponibles en el mercado (ANEXOS 6 y 7), y los análisis llevados a cabo en la sección anterior, la propuesta sobre la implantación de un nuevo sistema mixto de comunicaciones y seguimiento es la siguiente.

A nivel interno de la Sección, el sistema se basaría en la integración de la nueva radio de pelotón con capacidad de seguimiento Spearnet, de manera que el Jefe de Sección tenga cubiertas las necesidades de seguimiento de sus pelotones subordinados además de mejorar considerablemente las comunicativas respecto a las PNR-500 actuales.



El seguimiento de las secciones por parte del Jefe de Compañía se llevaría a cabo mediante un dispositivo Spot que portaría el Teniente, siendo las necesidades de comunicación de estas secciones cubiertas por la radio PR4G actual.

5. CONCLUSIÓN GENERAL

Finalizados los procesos de selección con los que se han establecido los sistemas más aptos para generar el seguimiento de la Sección y sus Pelotones, se puede afirmar que la combinación del Spot y la Spearnet establece un sistema de altas prestaciones para el seguimiento de unidades de montaña.

En cuanto al Spot, este aporta las ventajas de una cobertura global, independiente de otras plataformas terrestres, y con el cual el JCIA puede conocer la situación del JSEC desde un centro con acceso internet, vehicular o fijo. Esto aporta mejoras tanto en el ámbito táctico de la Compañía como en la seguridad a la hora de realizar ejercicios de instrucción en un entorno hostil como es la montaña. Para las comunicaciones del JSEC se mantienen las radios PR4G empleadas actualmente, suponiendo el Spot un mínimo peso adicional.

Respecto a las radios de pelotón, la Spearnet con su tecnología de red móvil ofrece unas prestaciones en terrenos abruptos que ni siquiera las radios equivalentes empleadas por potencias militares como EE. UU. (PRC-154) ([56]) pueden ofrecer. Su alcance excepcional, la autonomía de su batería y el nivel de resistencia ante condiciones adversas de humedad, precipitaciones, polvo o temperaturas extremas la hace una de las mejores radios de Pelotón existentes en el mercado.

Es preciso insistir en que, si bien la Spearnet es una solución a largo plazo, el Spot no ofrece la encriptación de que precisan las comunicaciones militares, por lo que es una solución temporal de bajo coste. La alternativa para mantener un sistema de seguimiento de sección es la adquisición de radios más modernas que las PR4G actuales, si bien por los contratos firmados recientemente esto no se prevé a medio plazo.

A nivel personal, he de afirmar que este estudio me resulta de una enorme aplicación. En primer lugar, por la profundidad del estudio en el ámbito de la comunicación y la geolocalización, tan imprescindibles en las operaciones militares y en muchas ocasiones poco comprendidos por el personal que depende de ellas debido a su dificultad técnica. Y es que en corta experiencia que acumulo en el mundo militar, puedo afirmar que la mayoría de los ejercicios no salen conforme a lo planeado debido bien a la información geográfica (topografía), o como consecuencia de problemas con las telecomunicaciones por radio. Por ello, me considero muy afortunado de haber realizado un trabajo de tal magnitud sobre unas áreas que tanto peso tendrán en mi futuro próximo como Teniente Jefe de Sección.



ANEXOS



6. ANEXOS

6.1. ANEXO 1: *Orgánica y Transmisiones de la Compañía de Infantería Ligera*

Una Compañía de Infantería Ligera consta de entre 80 a 100 efectivos. Esta suele encontrarse encuadrada en un Batallón junto con otras compañías bajo el mando de un Teniente Coronel (Tcol.). La Compañía (Cía.) es mandada por un Capitán (Cap.), que cuenta con una Plana Mayor de Mando (PLMM) como órgano auxiliar, y está dividida en tres Secciones (Sec.), cada una de ellas mandadas por un Teniente (Tte.) con sus respectivas PLMM's. Cada Sección, de aproximadamente 30 efectivos, está a su vez dividida en tres Pelotones, cada uno compuesto de 9 efectivos y mandado por un Sargento (Sgto.) o Sargento Primero (Ver *Imagen A. 1*).

El enlace entre los diferentes niveles de mando de la Compañía se establece mediante la configuración de mallas a través de diferentes dispositivos de radio. El enlace con los niveles superiores a la Cía. se establece mediante una malla de Batallón, en la cual se encuentran el Tcol. y los capitanes de las diferentes compañías enlazados por medio de radios PR4G.

A nivel interno, los capitanes emplean otra PR4G para enlazar con cada uno de sus tenientes, también dotados de una PR4G para participar en la malla de compañía. Por último, los tenientes emplean en la actualidad radios de pelotón PNR-500 para tener un enlace directo con sus sargentos.

El sistema de enlaces queda resumido en el siguiente diagrama:

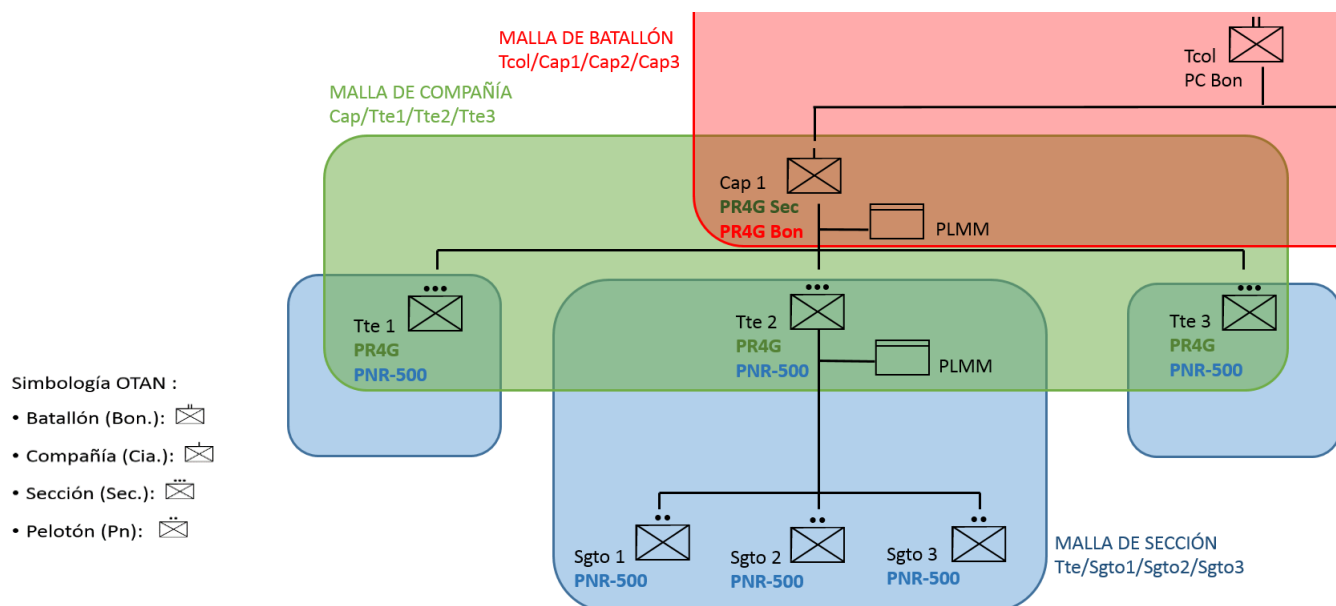


Imagen A. 1: Orgánica y Transmisiones



6.2. ANEXO 2: Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS)

Actualmente existen múltiples usos para los diferentes tipos de dispositivos que emplean la tecnología popularmente conocida como GPS (*Global Positioning System*). Sin embargo, la base de la tecnología empleada por ellos es prácticamente idéntica, puesto que su función principal es la de obtener la localización del dispositivo sobre un sistema de coordenadas. Para ello es necesario el empleo de un receptor GPS, cuyo funcionamiento explicamos a continuación.

Estos dispositivos emplean para el cálculo de su localización una de las diferentes redes de satélites conocidas como GNSS, o Sistemas Globales de Navegación por Satélite. Estos se definen como “un conjunto de satélites caracterizados por transmitir señales de una frecuencia determinada, que es recibida por un receptor y que se utiliza para la localización y posicionamiento de un elemento en cualquier lugar de la superficie terrestre” ([74]).

Este tipo de sistema se comenzó a utilizar en el año 1960 con el nacimiento del GNSS de uso militar “Transit”, creado por EE. UU. y basado en el efecto *Doppler*. Actualmente existen dos GNSS:

- NAVSTAR-GPS: Operado por el Departamento de Defensa de los EE.UU. Consta de una red de 24 satélites y 6 estaciones terrestres de seguimiento ([75]). Emplea el sistema de referencia WGS 84 para la creación de cartografía. Emite diferentes señales de radio frecuencia:
 - L1: portadoras de los códigos C/A para uso civil y el P para uso militar. Se diferencian en las limitaciones de acceso. Su precisión con al menos cuatro satélites es de 3 metros.
 - L2: portadora únicamente del código P. Su precisión con al menos cuatro satélites es de 0,3 metros.
 - L3, L4, L5: Empleadas para otros fines más específicos como meteorología o seguridad aérea.
- GLONASS: sistema operado por el Ministerio de Defensa de la Federación Rusa. Está compuesto por 31 satélites de los cuales sólo 24 están en modo operacional ([76]). Los receptores deben estar configurados específicamente para recibir las frecuencias de este sistema. Emiten en las señales:
 - L1: portadora del código SP para uso civil con precisión de 5 a 10 metros.
 - L2: portadora de los códigos SP y HP, este último de uso militar.

Además existen otros sistemas en fase de desarrollo como el *Galileo Positioning System* (Europa), compatible con el NAVSTAR-GPS y el *BeiDou Navigation System* (China) cuya cobertura y servicios son, actualmente, exclusivos para el territorio chino a administraciones y empresas de este país.



Funcionamiento de sistemas GNSS ([74])

En primer lugar, los satélites emiten en señales de radiofrecuencia (L1 y L2) y los códigos correspondientes (civiles y militares). La información que hay en dicho código es el identificador del satélite, la posición del satélite en el momento de emisión de la señal y el tiempo exacto en que fue transmitida.

En segundo lugar, el receptor GPS recibe este código y descifra la señal para la que está configurada, comparando el tiempo de emisión con el de recepción, obteniendo así la distancia esférica a la que se encuentra el satélite. Con la señal de un solo satélite nuestro dispositivo establece una esfera de radio la distancia calculada y sobre la que podríamos estar en cualquier punto. Con dos satélites nuestra posición se limita a la circunferencia que origina la intersección de ambas esferas. Con tres satélites podríamos encontrarnos en cualquiera de los dos puntos de intersección de las tres esferas (ver *Imagen A.2*). Es el cuarto satélite el que determina nuestra posición exacta. A partir de este instante, la posición que determine el dispositivo será tanto más precisa conforme aumente el número de satélites.

Este proceso de cálculo de la posición se puede ver distorsionado por diferentes fuentes de error que afectan a los parámetros “tiempo” y “velocidad” necesarios para calcular la distancia a la que se encuentra el dispositivo del satélite, materializada en el radio del esferoide mencionado anteriormente.

Teniendo en cuenta dichas fuentes de error que afectarán a la precisión de la información que nos proporcione el dispositivo, podemos definir los dispositivos GPS como un calculador de posición a partir de los datos que capta la antena receptora y descifra su procesador.

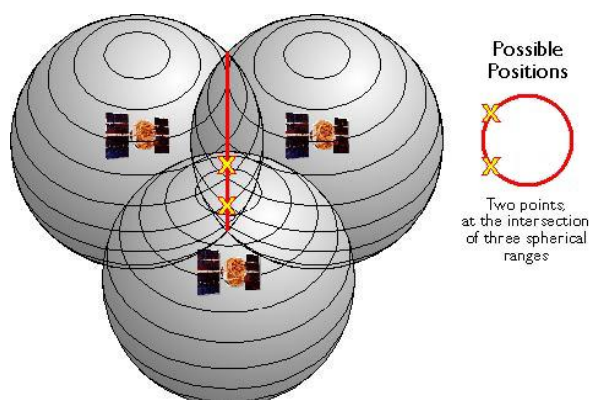


Imagen A.2: Cálculo de posición por intersección de esferas radiales. Fuente: www.e-education.psu.edu



6.3. ANEXO 3: Dispositivos de ayuda a la navegación

Los dispositivos de ayuda a la navegación, además de incorporar el receptor GPS, tienen un software que permite introducir coordenadas e indicar la dirección que debe seguir el portador para llegar a ellas. Los desarrollados más recientemente tienen además una base de datos que permite la representación de la cartografía sobre una pantalla y nuestra ubicación sobre esta última. En el caso de los *Smart Phones* o *Tablets*, estos utilizan el tráfico de datos para acceder a internet y representar esta información sobre aplicaciones online como *Google Maps* ([74]). (Ver *Imagen A.3*).

Es evidente que estos últimos no son adecuados para el empleo en zonas donde el sistema de antenas de telefonía no proporciona dicho acceso a Internet. En el caso de los dispositivos GPS que incorporan cartografía, estos serán tanto más caros cuanto mayores sean sus prestaciones y la complejidad del software que contienen. Actualmente los más avanzados permiten la navegación por caminos rurales y ofrecen funcionalidades tales como el cálculo de rutas con mínima pendiente.

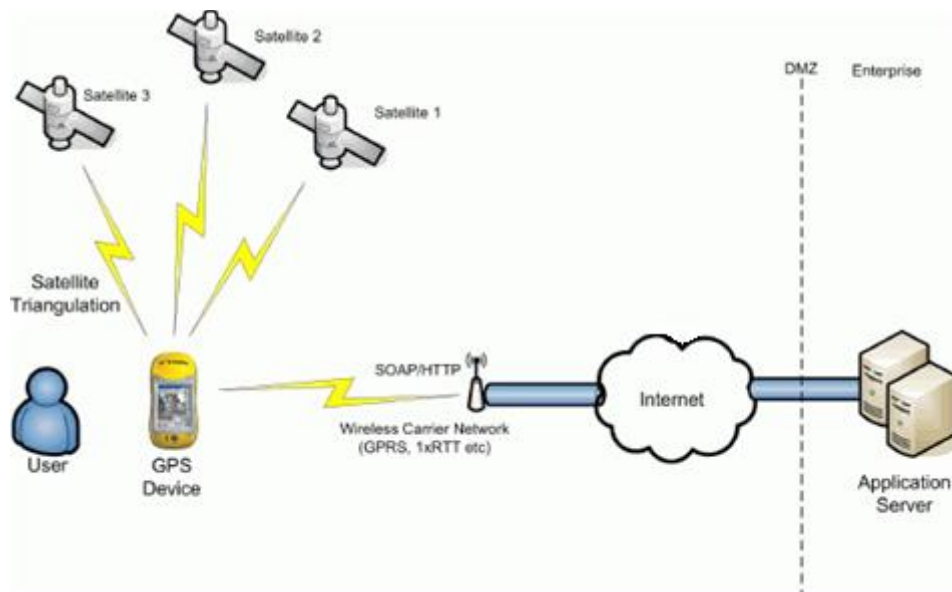


Imagen A.3: Cálculo de la posición y acceso a Internet para obtención de cartografía. Fuente: <http://www.directionsmag.com/>



6.4. ANEXO 4: Análisis de dispositivos de Localización y Seguimiento en el ámbito civil

Los dispositivos de localización y seguimiento que podemos encontrar en el mercado se caracterizan por incorporar, además de un receptor GPS que calcula nuestra posición, una antena que emite dicha información a través de satélites de comunicación.

En este caso los dispositivos llevan el coste añadido de la antena emisora, y el pago de la cuota por el servicio de cobertura de una determinada red de satélites de comunicación como son las redes Iridium ([24]), Globalstar ([25]), Thuraya ([26]) o Inmarsat ([27]), las más comunes en este tipo de dispositivos.

El funcionamiento de estas redes se basa en poner a disposición de ciertas empresas o gobiernos una determinada cantidad de datos de los que puede gestionar un satélite; es decir, se ofrece una parte del uso del satélite a dicha empresa o gobierno. Los satélites pertenecen a diferentes empresas o gobiernos y pueden tener múltiples aplicaciones. En el caso de las comunicaciones, los satélites actúan como meros repetidores que reciben la señal de datos y/o voz terrestre y la amplifican para volverla a emitir a estaciones receptoras.

Los aparatos de localización y seguimiento más básicos únicamente informan de nuestra posición a otro usuario, como el SPOT (ver ANEXO 6), sin incorporar un software, pantalla ni base de datos. Otros más completos incorporan la tecnología más completa de ayuda a la navegación así como enlace de datos de doble sentido con un usuario externo, como son los modelos de Delorme, Hawkeye o Tack24 (ver ANEXO 6). Como es evidente estas propiedades influyen en el precio.



6.5. ANEXO 5: Análisis de dispositivos de Localización y Seguimiento en el ámbito militar

6.5.1. Blue Force Tracking

El concepto de seguimiento de unidades propias en operaciones militares se ha encuadrado dentro del término de *Friendly Force Tracking* (FFT) o *Blue Force Tracking* (BFT). Estos se definen como sistemas que permiten al mando de una unidad conocer la posición exacta de las unidades subordinadas en tiempo real y sobre cartografía digital. Este sistema cuenta de los siguientes elementos en función del nivel orgánico:

- Subordinado:
 - Receptor GPS.
 - Emisor de datos que informe de la posición mediante señal radio o vía satélite a una estación receptora.
- Superior:
 - Receptor de señal de datos.
 - Software que identifique las posiciones de los subordinados y las represente sobre cartografía digital.

En el caso del subordinado el receptor calculará la posición del sujeto, mientras que el emisor de datos enviará dicha información a un superior que dispondrá de un dispositivo con una pantalla en la que aparecerán representadas las unidades bajo su mando sobre la cartografía del terreno procedente de una base de datos.

Como característica principal de los sistemas de localización y seguimiento militares, estos normalmente utilizan para la emisión de los datos las redes de comunicaciones tácticas mediante enlaces radio que establece la unidad desplegada, ya que las comunicaciones por satélite son mucho más costosas y en muchas ocasiones se requiere de satélites de países aliados.

6.5.2. Red Táctica

Para entender este concepto de red táctica, la podemos definir como las infraestructuras de telecomunicaciones instaladas sobre vehículos y radios portátiles que se despliegan sobre el terreno con el fin de dotar a las unidades de una red independiente que no precisa de infraestructuras civiles. Dicha red cuenta con diferentes mallas a los niveles táctico, operacional y estratégico, siendo el primero de ellos el que nos afecta, para el que se emplea la conocida como Red Radio de Combate (ver *Imagen A.4*). Esta red está diseñada para evitar que usuarios no autorizados no puedan acceder a dicha malla de telecomunicaciones, para lo que utiliza sistemas de cifrado y saltos de frecuencia específicos.



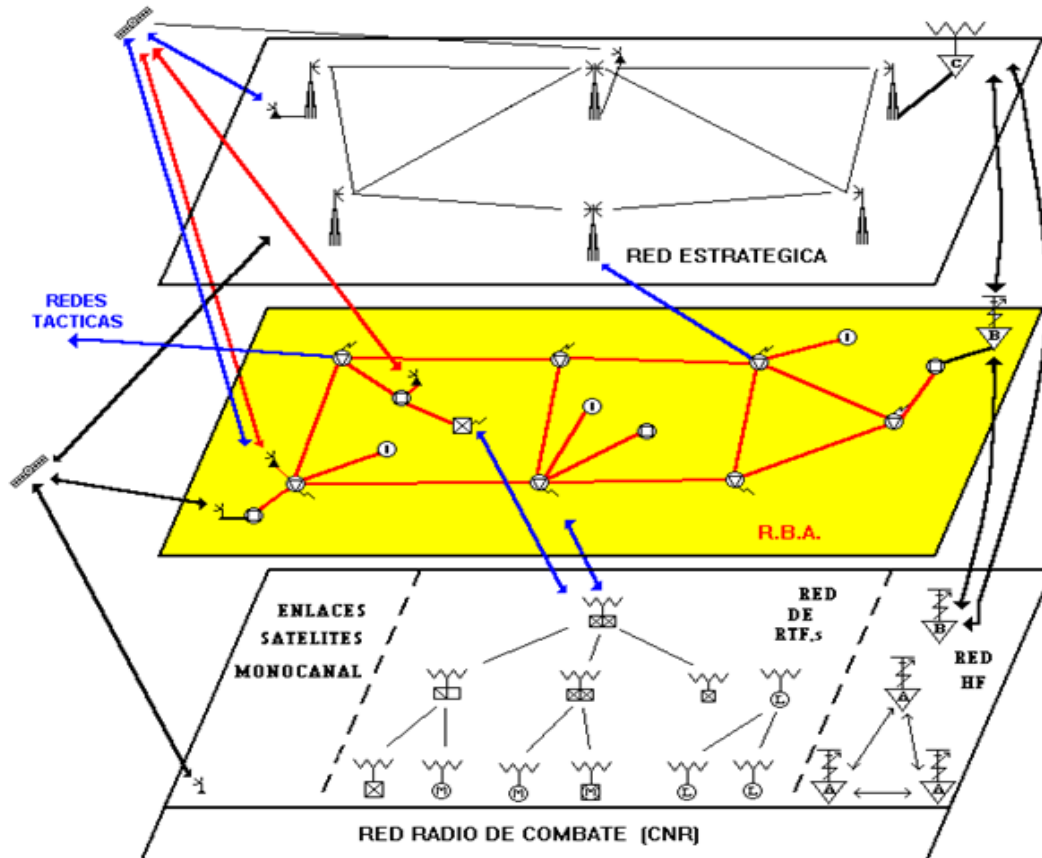


Imagen A.4: Niveles de comunicaciones en el teatro de operaciones. Fuente: Material didáctico de la asignatura Sistemas de Armas III.

De esta manera, en la actualidad se utilizan diferentes tipos de radios que proporcionan la información de la posición a través de la red táctica. Sin embargo, actualmente en el Ejército Español y en la mayoría de los integrados en la OTAN, el concepto de seguimiento no está extendido de forma generalizada puesto que es una tecnología que se ha comenzado a desarrollar recientemente y por lo tanto es excesivamente costosa. Su empleo se limita a unidades mecanizadas o acorazadas que emplean radios vehiculares más pesadas y complejas, ya que para las unidades ligeras, las radios empleadas no disponen de una función de seguimiento y no existe un software que centralice y represente la información recibida sobre las posiciones.

En el caso del Ejército Español este articula sus comunicaciones en VHF (Very High Frequency) (30-300 Mhz) en torno al modelo de radioPR4G fabricado por la empresa francesa Amper. Este ofrece diferentes versiones vehiculares o ligeras, siendo estas últimas las que nos interesan para el ámbito del seguimiento. La PR4G V3 es el modelo más reciente y tiene una antena GPS para poder enviar la posición vía radio. Sin embargo, no existe ninguna función que permita el envío de la posición de forma automática de manera que se pueda hacer un seguimiento efectivo de la unidad que porta la radio. Asimismo, no existe actualmente un software que gestione esta información y la represente sobre cartografía digital para que el mando pueda tener conciencia de la ubicación de sus unidades.



6.6. ***ANEXO 6: Dispositivos de Seguimiento seleccionados como posibles opciones para el sistema de Compañía***

En este anexo se incluye información y documentación técnica sobre 4 diferentes dispositivos: SPOT GEN3, DELROME INREACH SE, NAL SHOUT NANO y TRACK24 ECHO.

6.6.1. SPOT GEN3

- **Descripción:**

El Spot es un dispositivo que calcula su posición GPS y la envía junto con un mensaje predeterminado a los satélites de comunicación de la red Globalstar, que lo redirige a estaciones terrestres convenientes para que envíen un correo electrónico y/o un mensaje SMS a los usuarios finales predefinidos. En caso de activar el mensaje SOS, este llegaría al Centro Internacional de Coordinación de Rescates de Emergencia (GEOS).

La función de seguimiento del Spot se activa pulsando el botón de seguimiento que envía la ubicación cada 10 minutos guardándola en la cuenta de Spot del usuario del sitio web www.findmespot.com. Esta es la opción de seguimiento básica, aunque por un importe anual mayor se puede configurar para que se envíe la ubicación cada 2.5, 5, 10, 30 o 60 minutos.

- **Características:**

- Precio: 176\$ adquisición + 80\$ al año de servicios.
- Cobertura: Red Globalstar, cubriendo las principales masas terrestres.
- Peso: 114g.
- Longitud máxima: 8,7cm.
- Inmersión: 1 m. profundidad, 30 min según la norma IP67.
- Humedad: 95% según la norma MIL-STD-810F.
- Rugerización: resistencia a vibraciones según la norma SAE -J1455. Sigue la norma IP67 sobre resistencia ante polvo.
- Energía: 4 pilas litio AAA. Autonomía de 100 horas con tracking cada 10 min.
- Entradas externas: MicroUSB.
- Encriptación: No.

Para más información sobre este dispositivo véase la página oficial de Spot ([30]).

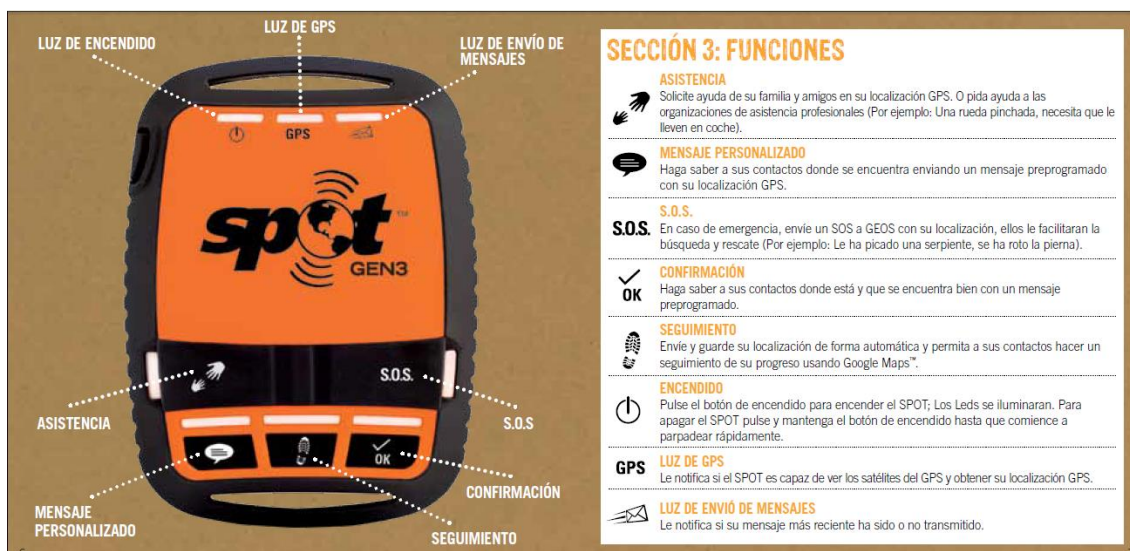
Las siguientes imágenes (*Imagen A.6* e *Imagen A.7*) extraídas de la guía de usuario ([31]) explican el funcionamiento y las funciones del dispositivo SPOT:





2

Imagen A.6: Funcionamiento del sistema



6

7

Imagen A.7: Funcionamiento del dispositivo



6.6.2. DELORME INREACH SE

- Descripción:

Delorme Inreach es un dispositivo que permite el envío y recepción de mensajes vía satélite de hasta 160 caracteres. Los mensajes pueden ser escritos y visualizados mediante la pantalla que incorpora, lo que le otorga mayores posibilidades comunicativas.

En cuanto a la función de seguimiento, el intervalo de envío de ubicaciones es de un mínimo 10 minutos, excepto con la tarifa *extreme* (8 veces más cara de la estándar). Otra función particular es la de *Location Pinging*, mediante la cual un usuario externo por iniciativa propia puede solicitar conocer la ubicación del portador del dispositivo.

- Características:

- Precio: 286\$ adquisición + 144\$ al año de servicios (estándar).
- Cobertura: Red Iridium, cobertura global.
- Peso: 190g.
- Longitud máxima: 14,8cm.
- Inmersión: 1m profundidad 30 min según la norma IP67.
- Humedad: <95%.
- Rugerización: cumple la norma MIL-STD-810G para golpes y la norma IP67 para polvo.
- Energía: Batería de litio 2.450 mAh. Autonomía de 100 horas con tracking cada 10 minutos.
- Entradas externas: MicroUSB.
- Encriptación: No.

Para más información sobre este dispositivo véase la página oficial de Delorme ([32]).

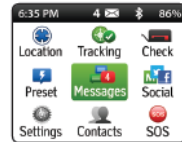
En la *Imagen A.8*, extraída de información oficial del producto se puede ver un dispositivo Delorme, así como sus principales funcionalidades.





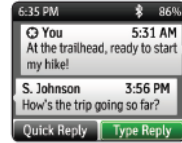
• EASY-TO-USE MENU INTERFACE

Easily access and view on-screen messages, tracking information, subscription data usage and user settings.



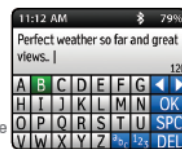
• CONVENIENT 160-CHARACTER MESSAGING

Send and receive text messages worldwide,* with delivery confirmation to any cell number, email address or another inReach device.



• VIRTUAL KEYBOARD

Send text messages using the virtual keyboard with predictive text without having to pair inReach to a mobile device.



• INTERACTIVE SOS COMMUNICATIONS

Interact back and forth with the search and rescue monitoring center to communicate the nature of your distress and stay in touch throughout the rescue process.

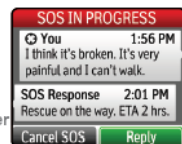


Imagen A.8: Dispositivo Delorme.



6.6.3. NAL SHOUT NANO

- **Descripción:**

El NAL Shout Nano es un dispositivo que permite el envío bidireccional de mensajes predeterminados o escritos de hasta 309 caracteres visualizados a través de la pantalla que incorpora. Asimismo permite guardar y enviar coordenadas de puntos de interés.

En cuanto a su función de seguimiento esta puede configurarse para enviar la posición con diferencias desde un minuto hasta 7 días.

La principal innovación de este dispositivo es que permite enviar toda esta información codificada según el código de encriptación 256-bit AES. Asimismo, NAL Research ofrece un software para crear un servidor de gestión de seguimiento basado en Google Maps. Como principales deficiencias encontramos la falta de resistencia al agua y los golpes.

- **Características:**

- Precio: 854\$ adquisición + 232 al año de servicios.
- Cobertura: Red Iridium, cobertura global.
- Peso: 170g.
- Longitud máxima: 10cm.
- Inmersión: No.
- Humedad: < 75%.
- Energía: Batería de litio 1.950 mAh.
- Encriptación: Opcional AES-256.

En la *Imagen A.9*, obtenida de la guía usuario ([36]), se muestran las funciones de cada uno de los botones.





- ① Power/Enter: 1. Turns device ON/OFF when hold down for two seconds or
2. Used to select highlighted item on a menu.
- ② Arrow Up/Down/Right: Used to navigate the cursor.
Arrow Left: 1. Used to navigate the cursor or
2. Used to go back to the previous menu.
- ③ Check-In Soft Key: Used to access the Check-In feature.
- ④ Way Point Soft Key: Used to access the Way Point features.
- ⑤ USB Port: Used to charge the battery, update firmware or setup operating parameters using a computer.
- ⑥ Emergency: Used to send an emergency 911 alert/notification.
- ⑦ Guard: Protects emergency button from being accidentally activated.
- ⑧ LED: Displays tracking and emergency statuses.
- ⑨ Antenna: Embedded GPS antenna (DO NOT BLOCK).
- ⑩ Antenna: External Iridium antenna* (DO NOT BLOCK).

Imagen A.9: Dispositivo NAL Shout.

Para más información sobre este dispositivo véase la página oficial de NAL Research ([35]).



6.6.4. TRACK24 ECHO

- Descripción:

El Track24 Echo es un dispositivo que permite comunicación bidireccional vía satélite. A pesar de no disponer de pantalla sobre la que redactar los mensajes, el Echo puede ser ligado por Bluetooth a dispositivos Android sobre los que gestionar mensajes o ajustes.

En cuanto al seguimiento, este puede ser configurado para el envío de ubicaciones con intervalos desde 30 segundos. El Echo tiene la posibilidad de enviar esta información encriptada según el código 256-AES.

Por otro lado, Track24 ofrece la SCC Platform, un software que se apoya en Internet para ofrecer la visualización segura de las unidades de las que se realiza el seguimiento. Esta plataforma emplea códigos de encriptación 256-AES y está programada para evitar caídas del sistema. Además está diseñada para ser integrada en otros sistemas de gestión del combate a nivel estratégico, por lo que facilita la interoperabilidad de unidades de diferentes países.

- Características:

- Precio: 1500\$ adquisición + 300\$ aprox. al año de servicios.
- Cobertura: Red Iridium cobertura global.
- Sensibilidad GPS: -165 dB.
- Peso: 150 g.
- Longitud máxima: 15cm.
- Inmersión: IP68 2m.
- Humedad: < 95% HR.
- Rugerización: Polvo y agua según la norma IP68.
- Energía: Batería de litio 2.450 mAh. Autonomía de 96 horas con tracking cada 15 min.
- Encriptación: 256-AES.
- Conectividad: Bluetooth Clase 2 (10 m), MicroUSB.

En la Imagen A.10, obtenida de información oficial del producto ([56]), se muestran las dimensiones así como una breve descripción de las funciones del *Echo Touch* y el software *SCC Platform*.



ECHO TOUCH

The Echo Touch app provides two-way satellite text messaging, live GPS readings and 'Settings' options for the Echo device. The app can link to the Echo device via Bluetooth and is available on Android smartphones.

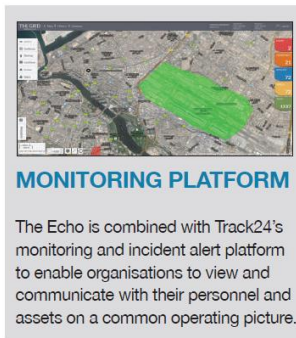
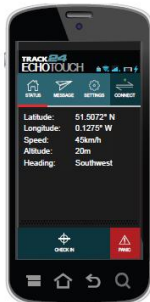


Imagen A.10. Echo Touch.

Para más información sobre este dispositivo véase la página oficial de Track24 ([43]).



6.7. ANEXO 7: Dispositivos de Seguimiento seleccionados como posibles opciones para el sistema de Sección

En este anexo se incluye información y documentación técnica sobre 4 diferentes dispositivos: EXELIS SPEARNET, GENERAL DYNAMICS/THALES PRC-154, HARRIS RF-7800S y ELBIT SYSTEMS PNR-500.

6.7.1. EXELIS SPEARNET

- **Descripción:**

La Spearnet es una radio de pelotón cuya principal innovación es la creación de redes que permiten la transmisión de voz y datos entre los distintos dispositivos. En estas redes cada una de las radios que la componen sirve de repetidor para transmitir la información al resto de elementos de la malla. Es por esto que su alcance se ve incrementado hasta los 6 Km en zonas despejadas y que se ve afectado en menor medida cuando los usuarios operan en zonas compartimentadas como áreas urbanas, túneles, barcos, o montañas. Asimismo su tecnología IP permite una transferencia de datos superior a la de sus homólogos. Además la Spearnet cuenta con una configuración vehicular que traslada todas estas ventajas al despliegue de tropas embarcadas.

En cuanto al seguimiento, la radio incorpora puertos USB en los que conectar dispositivos Android que permitan visualizar la ubicación de los dispositivos transmitida mediante la señal radio digital.

La Spearnet es la radio escogida por el programa de desarrollo español Combatiente del Futuro (COMFUT). (Ver ANEXO 8).

- **Características:**

- Peso: 700g.
- Ancho de banda: 1.200-1400 Mhz.
- Canales: 8.
- Interfaces: USB, RS-232.
- Potencia de salida: hasta 600 mW.
- Alcance: 2 Km nominal / 6 Km red.
- Autonomía: 12 horas.
- GPS: Sí.
- Datos: hasta 1500 Kbps.
- Encriptación: AES-256.
- Rugerización: 1m inmersión, 95% HR según norma MIL-STD-810F/MIL-STD-461.
- Temperatura operativa: - 20°C a + 55°C.



La *Imagen A.11*, obtenida de información oficial del producto ([50]), muestra un ejemplo gráfico del alcance y el tamaño de este dispositivo.



Ya sea adentro de un barco, bajo la tierra en un túnel o adentro de un edificio, SpearNet proporciona cobertura confiada en estas dificultosas localidades.

Imagen A. 11: Radio Spearnet.

Para más información sobre este dispositivo véase la página oficial ([49]).



6.7.2. GENERAL DYNAMICS / THALES PRC-154

- **Descripción:**

Es una radio de pelotón que transmite voz y datos mediante UHF o L-Band, siendo de las pocas de su tipo con esta doble función. Además puede actuar como repetidor, aumentando el alcance o salvando obstáculos entre otras dos radios que se quieran comunicar, aunque sacrificando la capacidad de transmitir información. Asimismo incorpora hasta 50 canales preestablecidos y la antena GPS SAASM como principales elementos diferenciadores. Esta última protege la recepción de la señal de satélites GPS de acciones de guerra electrónica como *jamming* o *spoofing*. El primero de estos es la creación intencionada de interferencias que dificultan la recepción de la señal y el segundo la creación de señales satelitales falsas para confundir al receptor GPS.

En cuanto al seguimiento, este se realiza por parte del jefe del equipo mediante dispositivos Android que conecta directamente a la radio permitiéndole visualizar la posición de sus subordinados. Asimismo cuenta con configuraciones vehiculares.

La PRC-154 es fabricada por General Dynamics en EE. UU. y Thales en Europa. Esta radio forma parte del programa de modernización NettWarrior del Ejército de EE. UU.

- **Características:**

- Peso: 770g.
- Ancho de banda: UHF 225-450 Mhz, L-Band 1.200-1400 Mhz. Canales: 50.
- Interfaces: USB, RS-232, SMA (antena GPS externa), DAGR (antena SAASM externa).
- Potencia de salida: hasta 500 mW.
- Alcance: 2 Km.
- Batería: hasta 9 horas.
- GPS: convencional + SAASM.
- Datos: hasta 1000 Kbps.
- Encriptación: Type 1 Secret Level (según NSA).
- Rugerización: 2m inmersión, 95% HR según la norma MIL-STD-810.
- Temperatura operativa: - 40°C a + 55°C.



En la *Imagen A.12*, obtenida de información oficial del producto ([56]), se resumen las principales propiedades de la PRC-154.



Imagen A.12. Radio PRC-154.

Para más información sobre este dispositivo véase la página oficial de General Dynamics ([55]).



6.7.3. HARRIS RF-7800S

- **Descripción:**

La radio RF-7800S (ver *Imagen A.13*) es una radio de pelotón que transmite voz y datos y que se caracteriza por su poco peso y por ser la única que puede emplear batería o pilas comerciales (mediante soporte) como fuente de energía. Además incorpora los sistemas de encriptación AES y Citadel, opción que no presentan el resto de radios. Por último tiene interoperabilidad con radios Harris de Sección para ampliar las prestaciones.



Imagen A.13: RF-7800S

- **Características:**

- Peso: 300g.
- Ancho de banda: UHF 350-450 Mhz.
- Canales: 14.
- Interfaces: USB.
- Potencia de salida: hasta 200 mW.
- Alcance: 2 Km.
- Batería: hasta 8 horas, pilas AA opcional.
- GPS: Sí.
- Datos: Sí (High data rate).
- Encriptación: AES-256 / Citadel-256.
- Rugerización: 2m inmersión, 95% HR según la norma MIL-STD-810.
- Temperatura operativa: - 30°C a + 60°.

Para más información sobre este dispositivo véase la página oficial de Harris ([61]).



6.7.4. ELBIT SYSTEMS PNR-500

- Descripción:

La PNR-500 es una radio de pelotón que transmite voz y datos y es la **empleada actualmente** para el enlace interno de Sección en el Ejército de Tierra. Es por ello que se incluye en el estudio para observar las mejoras en prestaciones que pudiesen aportar el resto de modelos respecto al empleado actualmente. Como principales deficiencias encontramos la incapacidad de transmitir en L-Band, la falta de un puerto USB y fundamentalmente el corto alcance de su señal.

- Características:

- Peso: 430g.
- Ancho de banda: UHF 380-430 Mhz / 400-450Mhz.
- Canales: 15.
- Interfaces: RS-232.
- Alcance: 800 m.
- Batería: hasta 12 horas, pilas AA opcional.
- GPS: No.
- Datos: Sí, (High data rate).
- Encriptación: AES-256.
- Rugerización: 1m inmersión, 95% HR según MIL-STD-810.
- Temperatura operativa: - 20°C a + 55°.

En la *Imagen A.14*, obtenida de información oficial del producto ([68]), se observa un diagrama de las comunicaciones a partir de dispositivos de Elbit Systems, entre ellos la PNR-500.

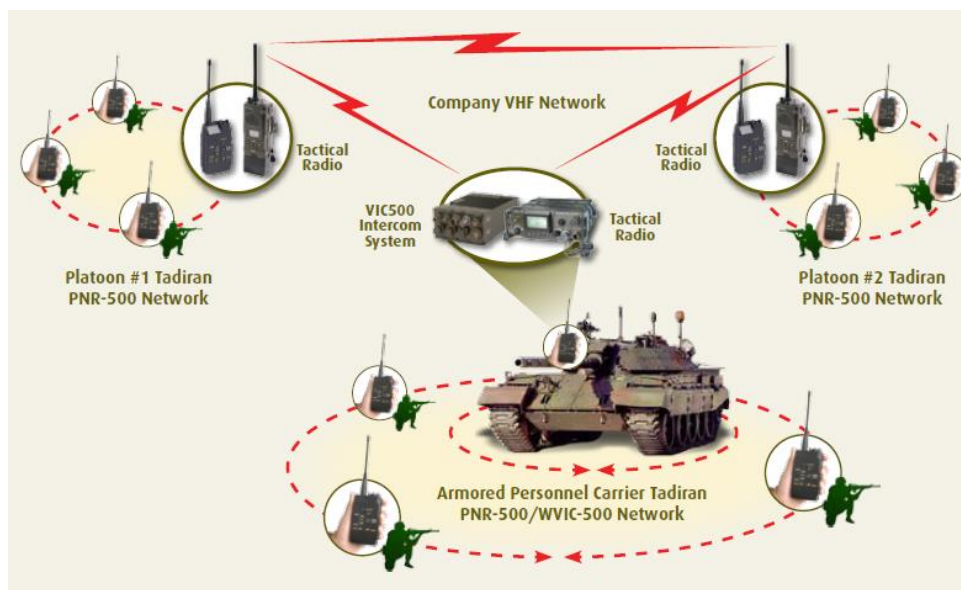


Imagen A.14

Para más información sobre este dispositivo véase la página oficial de Elbit Systems ([67]).



6.8. ANEXO 8: Programa Combatiente del Futuro (COMFUT)

Este es un programa de I+D+i iniciado por el Ejército de Tierra con el fin de definir los sistemas que configurarán el equipo del soldado a pie a medio plazo. Este se inicia en el marco de una política de desarrollo de la OTAN que lleva a potencias como Reino Unido, Francia o Alemania a iniciar proyectos de este tipo (FIST, FELIN, Gladius respectivamente). Entre las principales líneas de desarrollo del programa COMFUT destacan:

- Sistema de Comunicaciones: se basa en el enlace con el resto del pelotón mediante una red que permite conocer la localización de cada individuo, así como la transmisión de datos a alta velocidad apoyados en una radio de pelotón (Spearnet).
- Sistema de Información: basado en medios informáticos que, integrados con la radio de Pelotón permitan acceder a mapas e imágenes aéreas así como la transmisión de información relativa al enemigo y al propio sujeto (munición, estado de salud, etc.)
- Sistemas Ópticos que permitan recoger información que ve el sujeto y actuar de forma efectiva tanto de día como de noche.
- Sistema de Protección basado en un chaleco más ligero y resistente que mejore la movilidad manteniendo el nivel de seguridad.

El desarrollo temporal del proyecto es el siguiente:

- En 1999 se incluye en el Plan Director de Investigación del Ministerio de Defensa como proyecto de investigación y desarrollo.
- En 2001 se inicia la fase de Viabilidad y Definición del Sistema, en la que una Oficina de Gestión del Programa comenzó a trabajar en diversos demostradores tecnológicos.
- En 2006 comienza la fase de Diseño y Desarrollo, siendo EADS/Cassidian e Indra las seleccionadas como principales contratistas del programa. A su vez, estas crearon un grupo de subcontratistas conformados por Amopack, Fedur, Iturri, Gmv e ITT. A este último pertenece Exelis, compañía fabricante de la Spearnet.
- En 2009 finalizó la fase anterior, quedando el programa paralizado antes de lanzar la fase de producción. En esta detención se decidió posponer dicha fase de producción e iniciar una serie de nuevos diseños y pruebas, condicionados por los límites de presupuesto, que a día de hoy se continúan llevando a cabo.



Para más información sobre el programa COMFUT ver página oficial ([15]).



Imagen A.15. Soldado español portando material del programa COMFUT. Fuente: Ministerio de Defensa.



6.9. ANEXO 9: Dificultades durante el proyecto

Una semana antes de la llegada del autor del estudio al Regimiento de Cazadores de Montaña “Galicia 64” se asignó a este la constitución del grueso de la ASPFOR XXXVIII (*Afghanistan Spanish Force*). Este es el contingente con el que España participaría en la misión “Resolute Support” (en Afganistán) que sucedía a la misión “ISAF” (*International Security Assistance Force*) finalizada en 2014. Por ello el Regimiento se vio inmerso en un proceso de reorganización y preparación para esta misión y por tanto anulaba su programa de instrucción invernal correspondiente a las fechas en las que iba a estar en esta unidad. En consecuencia, esto dificultaba mi estudio por no poder trabajar con los medios y en las condiciones propias de las tropas de montaña, sino con aquellos con los que se dotan a las fuerzas que son desplegadas en este tipo de misiones.

Asimismo, las tres compañías del regimiento eran reconfiguradas para esta misión, lo que conlleva mayores dificultades a la hora de acceder al material y a la información que afectaba al estudio por el hecho de que el personal de cada una de las secciones no era el habitual.

Pese a ello, gracias a la ayuda de los mandos de la Compañía en la que estaba asignado se proporcionó al autor acceso a los dispositivos Spot que disponían tanto de dotación en la Jefatura de Tropas de Montaña (JTM) como, extraoficialmente, en la Compañía de Esquiadores.

Pese a poder acceder al Spot de la JTM, estos no estaban activados, y si bien el autor se ofreció para activar uno de ellos con fondos propios, el ceder un dispositivo oficialmente era algo inviable por los trámites que requería y su inminente abandono de la Academia General Militar hacia la Academia de Infantería. Fue entonces cuando el Tte. Galindo se ofreció para activar de forma compartida un dispositivo de la Compañía de Esquiadores, el cual tuvo para su estudio hasta Julio de 2015, momento en el que fue devuelto antes de que partiese hacia Afganistán. Siguiendo los resultados que llevaba en el estudio hasta ese momento, el autor procedió a adquirir un Spot con el fin de probarlo en las ascensiones a los picos alpinos Breithorn, Pollux y Montblanc que iba a realizar entre el 14 y el 19 de Julio (ver ANEXO 9).

Además de estas dificultades para acceder a algún tipo de dispositivo de seguimiento empleado en unidades de montaña, cabe mencionar que el estudio ha sido complejo de abordar, puesto que si bien en Jaca ninguno de los Spot estaba activado, en el resto de regimientos de montaña de Pamplona, Gerona y Barcelona no se empleaban ningún tipo de dispositivo de seguimiento³, siendo la información existente al respecto muy escasa. Este hecho fue corroborado gracias a testimonios de compañeros de promoción del autor asignados a los respectivos regimientos y los cuales pudieron confirmarme que en su unidad no se

³ Los Alféreces Pedro Gómez Riera (Pamplona), Mauro de la Rosa Alba (Gerona), y Adrián Urieta Pérez (Barcelona) fueron entrevistados durante las prácticas para verificar el empleo de sistemas de seguimiento en otras unidades de montaña.



empleaba ningún tipo de estos dispositivos y que por tanto la experiencia en este ámbito al respecto era nula.

En cuanto a los radios de pelotón con capacidad de seguimiento, a los que se ha dedicado gran parte de este estudio, también se ha podido comprobar que otras unidades que iban a ser desplegadas habían recibido con antelación unidades de la Spearnet⁴ con el fin de testearlas en la misión. Sin embargo, el hecho de que la preparación del “Galicia 64” se llevara a cabo con dos meses de retraso llevó al consiguiente retraso en la entrega de materiales como vehículos LMV y RG-31, siendo la entrega de los radios en cuestión inexistente.

⁴ El Alférez Daniel Alayón Alfonso, comisionado en el Regimiento “Canarias” 50 fue entrevistado durante las prácticas para verificar el empleo de Spearnet en unidades recientemente desplegadas (ASPFOR XXXVI).



6.10. ANEXO 10: Experiencias propias con Spot en Alta Montaña y Selva

A lo largo de los meses de Julio y Agosto el autor del estudio realizó dos viajes en los cuales pudo probar personalmente las posibilidades del Spot, que según los estudios previos había resultado ser el más apto para su empleo por parte de las unidades de montaña. Estos viajes fueron a los Alpes (*Imagen A.16*) y el Amazonas (*Imagen A.17*) respectivamente, pudiendo comprobar en ellos el funcionamiento de este dispositivo en zonas de alta montaña y vegetación densa. Estas experiencias fueron de gran utilidad para verificar de forma práctica las prestaciones que hasta entonces únicamente había estudiado de forma teórica.



Imagen A.16

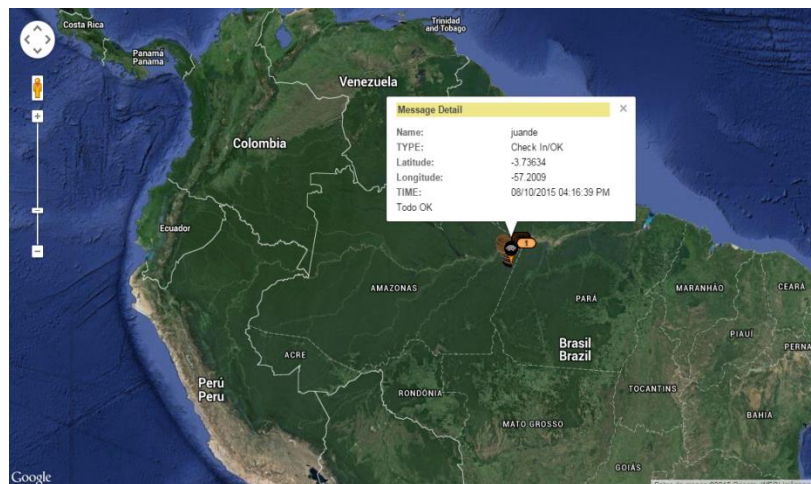


Imagen A.17

En primer lugar se llevaron a cabo las ascensiones los picos Breithorn Occidental (4.165m), Pollux (4.092m) y Montblanc (4.810m) los días 13, 14 y 16 de Julio. Estas fueron todas marcadas con el Spot adquirido previamente. En cuanto a las prestaciones de este, en ningún momento perdió señal de GPS o presentó dificultades para el envío de las localizaciones, si bien no existía vegetación, las condiciones meteorológicas fueron siempre favorables y la visibilidad del Spot al cielo fue siempre óptima. En las imágenes A.19, A.20 y A.21 se observa el seguimiento de las ascensiones a los picos mencionados anteriormente, visualizados desde la aplicación de que dispone Spot para teléfonos móviles.



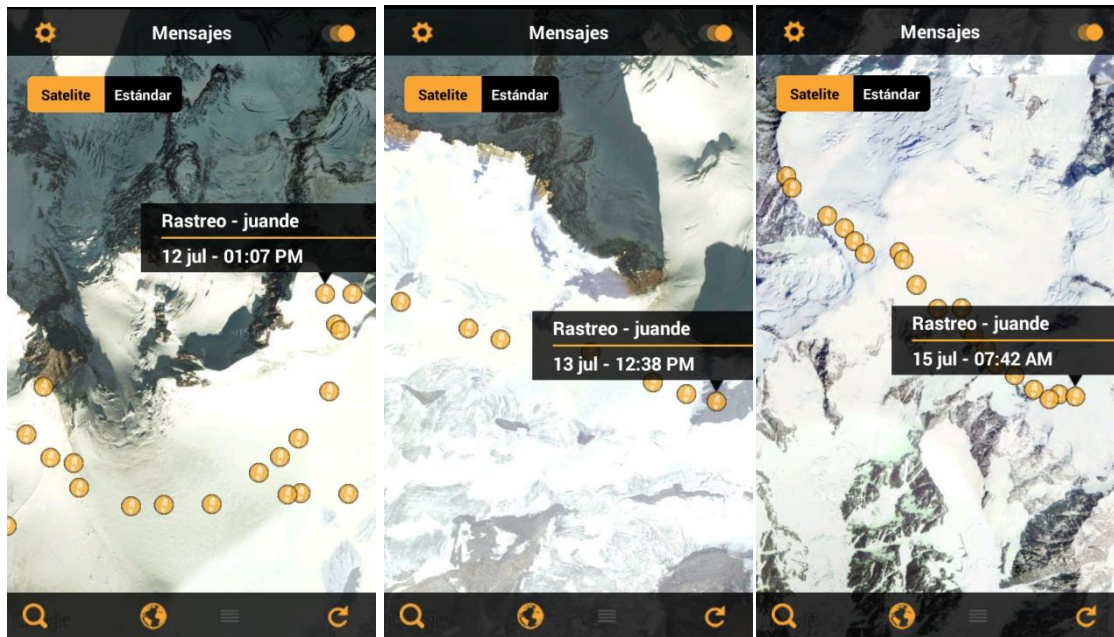


Imagen A.18

Imagen A.19

Imaagen A.20

En segundo lugar, el autor se desplazó a Brasil desde el 23 de Julio hasta el 14 de Agosto. En estas tres semanas pudo probar personalmente el Spot en diferentes ocasiones, verificando las dificultades a la hora de recibir la señal GPS y emitir las ubicaciones en zonas de vegetación densa. Esta experiencia comenzó en la capital del estado de Amazonas, de donde se desplazó a un pueblo situado en unos de los afluentes de río Amazonas en dirección Este, el río Marau. Gracias a los contactos en la zona pudo pasar varios días en zonas de selva donde comprobar las prestaciones del Spot. En las imágenes A.21 y A.22 aparece la ruta seguida a lo largo de río Marau, que fluye en la vertiente Sur del Amazonas, comenzando en el pueblo de Maues y finalizando en asentamientos situados en otros afluentes como el Mamuru o el Urupadi. Esta ruta fue realizada en lanchas rápidas por lo que la señal no se perdió en ninguno de los momentos de navegación.

Desde el asentamiento en la cabecera del río Urupadi se inició la marcha a pie para pasar tres días en el interior de la selva, donde efectivamente se perdió la señal durante la mayor parte del trayecto como se observa en la *Imagen A.23*. Cabe decir que el terreno por el que se avanzaba estaba cubierto por una masa forestal de treinta metros de altura y que tanto el Spot como el resto de dispositivos GPS con los que se contaba perdían la señal constantemente. Entre estos últimos, algunos como el TwoNav Ánima portaban antenas GPS de -163dB de sensibilidad, prácticamente la más alta que llegan a portar los dispositivos civiles mostrados en el estudio.



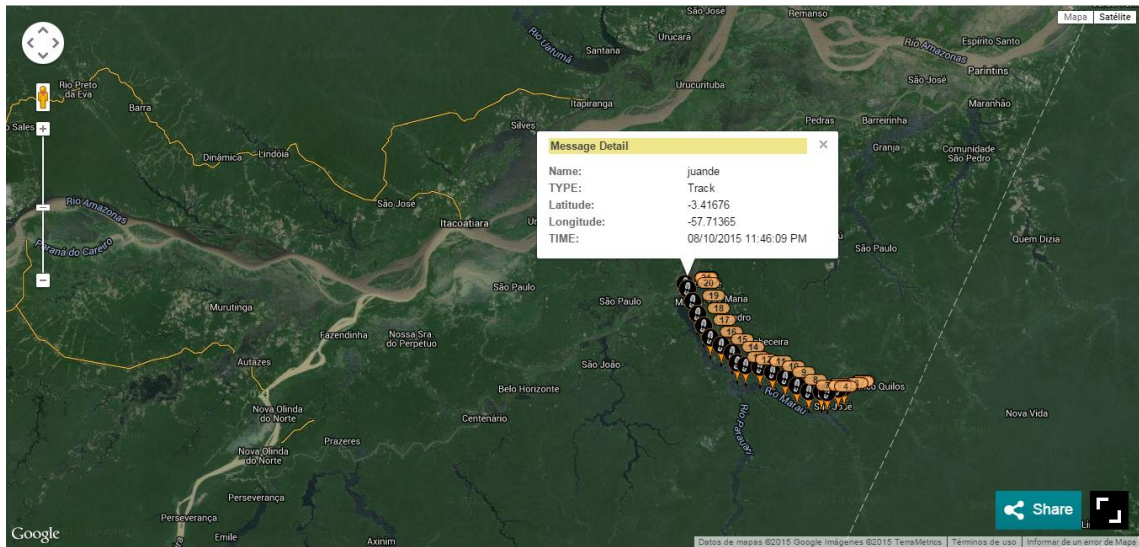


Imagen A.21

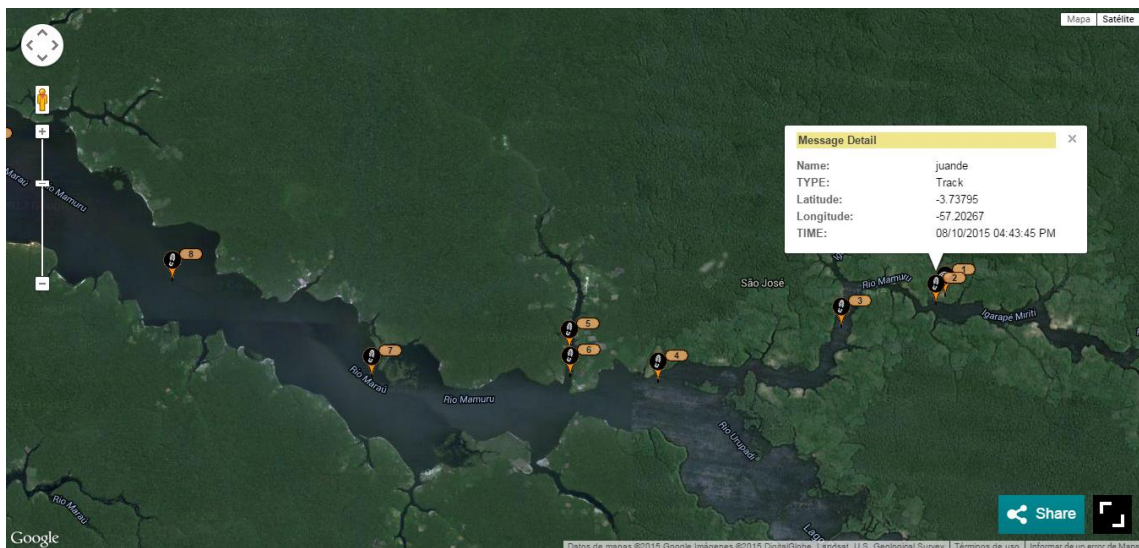


Imagen A.22

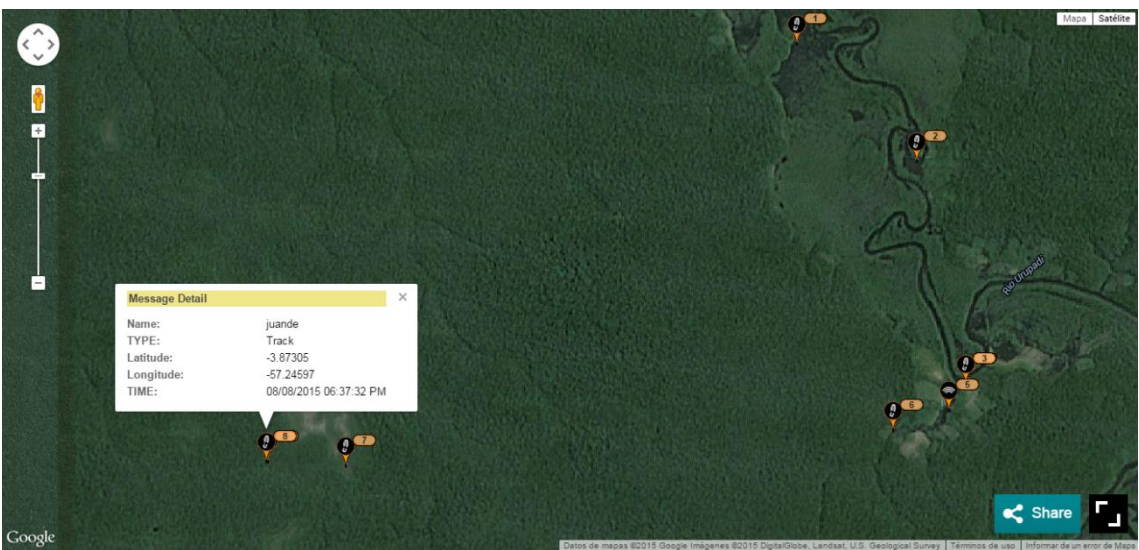


Imagen A.23



Por último, en las imágenes A.24 y A.25 se puede apreciar el tamaño del dispositivo, así como su portabilidad en entornos tan diferentes como los mencionados.



Imagen A.24



Imagen A.25



7. BIBLIOGRAFÍA:

En este apartado se exponen las fuentes de información en las que se ha basado el estudio ordenadas temáticamente.

- Blue Force Tracking / Comunicaciones Militares:
 - Páginas:
 - [1] Airbus Defence.BFT:http://www.defenceandsecurity-airbusds.com/pl_PL/friendly-force-tracking-system15
 - [2] Systematic. FFT para OTAN:<https://systematic.com/defence/products/a/command-and-control-information-systems/nffi>
 - [3] Systematic. BFT definición:<https://systematic.com/defence/products/a/friendly-force-tracking>
 - [4] Northrop Grumman productos:<http://www.northropgrumman.com/capabilities/c4isr/Pages/default.aspx>
 - [5] AFCEA. Revista de Telecomunicaciones:<http://www.afcea.org/content/?q=defense-operations-blog>
 - Artículos:
 - [6] PRIETO, J. "La innovación, clave en los sistemas de Mando y Control de Defensa". Edición digital:
http://www.defensa.com/index.php?option=com_content&view=article&id=5213:la-innovacion-clave-en-los-sistemas-de-mando-y-control-de-defensa&catid=161:analisis&Itemid=669
 - [7] [7] GLOBECOMM. Case Study. "Piercing the Fog of War". Edición digital:
<http://www.globecommsystems.com/pdf/globecomm-cs-nato.pdf>
 - [8] SPARKS P., FOX G. (2010). "A tactical commander's vision of ideal communications". Edición digital:
http://www.army.mil/article/34550/A_tactical_commander_039_s_vision_of_ideal_communications/
 - [9] HARRIS CUSTOMER FOCUS." Coordinated Communications for the Dispersed Battlefield". Edición digital:
http://rf.harris.com/media/6052_coordinated_communications_LR_tcm26-12151.pdf
 - [10] HARRIS COVER STORY. "Wideband Radio makes Battlefield Networking a Reality". Edición digital:
http://rf.harris.com/media/FREQUENCY_WIDEBAND_RADIO_MAKES_BT_FLD_NW_REALITY_tcm26-12152.pdf
 - [11] GUYAN B. "Mission Critical Means Mission Critical!". *Battlespace*, Vol. 14, Issue 5, octubre 2011, pp.36-39.
 - [12] NETTLEFOLD J. Exelis Gears Up for BOWMAN Replacement. *Battlespace*, Vol. 16, Issue 2, junio 2013, pp.6-11.
 - [13] RAMILLETE GARCIA J. "Capacidades de enlace del sistema TALOS". *Memorial de Artillería*, Número 169/1, junio 2013, pp. 56-61.
 - [14] HERRERA CRUZ S. "Los CIS para el Mando y Control en Afganistán" *Revista Ejército*, nº 878, mayo 2014, pp.82-90.



- Programas de desarrollo:
 - Páginas:
 - [15] COMFUT Programa: http://www.reclutamiento.defensa.gob.es/ffaa/vida_ffaa/2010.htm
 - [16] COMFUT video: <http://www.reclutamiento.defensa.gob.es/actualidad/multimedia/unidades.htm>
 - [17] COMFUT Amopack: <http://www.amopack.com/es/productos/comfut.asp>
<http://www.iturri.com/es/que-hacemos/innovacion/comfut>
 - [18] COMFUT GMV: <http://www.gmv.com/es/Defensa/SistemasC4ISTAR/ProductoCOMFUT/>
 - [19] Army-Technology FIST: <http://www.army-technology.com/projects/fist/>
 - [20] Army-Technology FELIN: <http://www.army-technology.com/projects/felin/>
 - [21] Rheinmetall Gladius: http://www.rheinmetall-defence.com/en/rheinmetall_defence/public_relations/themen_im_fokus/gladius/index.php
 - Artículos:
 - [22] ITT. "EADS Defence and Security taps ITT for Spain's COMFUT Program" (2008). Edición digital: <http://www.itt.com/News/Releases/2008/EADS-Defence-amp;-Security-taps-ITT-for-Spain-s-CO/>
 - [23] RAMOS BARRERA J. "El Sistema Combatiente Futuro Español". *Memorial de Infantería*, Número 63 (2011), pp.40-57.
- Productos Iridium:
 - [24] <https://www.iridium.com/ProductList.aspx?productCategoryID=11>
- Productos Globalstar:
 - [25] <http://ca.globalstar.com/en/>
- Productos Thuraya:
 - [26] <http://www.thuraya.com/products/1>
- Productos Inmarsat:
 - [27] <http://www.inmarsat.com/government>
- Productos Tetra:
 - [28] http://www.tetrapol.com/explore_capabilities/data/
 - [29] <http://airbusdefenceandspace.com/search/?search=tetrapol>)
- SPOT
 - Gen3: Información del producto y especificaciones técnicas:
 - [30] <http://www.findmespot.eu/sp/index.php?cid=100>
 - [31] http://www.findmespot.eu/downloads/SPOTGen3_User_Guide_Spanish.pdf
- Delorme
 - InReach SE: Información del producto y especificaciones técnicas:
 - [32] http://www.inreachdelorme.com/assets/pdf/DeLorme_inReach_Brochure.pdf
 - [33] http://www.roadpost.com/geopro_devices.aspx?UserID=292112095&SessionID=J6fLaie5QCT1gVbnDdKZ
 - [34] <http://www.inreachdelorme.com>
- NAL
 - Shout Nano: Información del producto y especificaciones técnicas:
 - [35] <http://www.nalresearch.com/IridiumHardware.html>



- [36] <http://www.nalresearch.com/Info/Product%20Information%20Model%20SHOUT%20nano.pdf>
- [37] <http://www.nalresearch.com/Info/User's%20Guide%20SHOUT%20nano.pdf>
- [38] <http://www.nalresearch.com/Info/SAR%20Report%20for%20SHOUT%20nano.pdf>
- Track24:
 - Whisper: Información del producto y especificaciones técnicas:
 - [39] <http://www.track24.com/products/dedicated-tracking/whisper.php#tab>
 - [40] <http://www.track24defence.com/solutions/whisper/>
 - [41] <http://www.track24.com/pdfs/whisper.pdf>
 - [42] <https://www.track24solo.com/purchasemain.aspx>
 - Echo: Información del producto y especificaciones técnicas:
 - [43] <http://www.track24.com/products/dedicated-tracking/echo.php#tab>
 - [44] <http://www.track24defence.com/solutions/echo/>
 - [45] <http://www.track24.com/pdfs/echo.pdf>
 - SCC Platform: Información del producto y especificaciones técnicas:
 - [46] <http://www.track24.com/products/platforms/scc-titan.php>
 - [47] <http://www.track24defence.com/solutions/scc-platform/>
 - [48] <http://www.track24.com/pdfs/track24-scc-platform.pdf>
- Exelis:
 - Spearnet: Información del producto y especificaciones técnicas:
 - [49] <http://www.exelisinc.com/solutions/SpearNet-Team-Member-Radio/Pages/default.aspx>
 - [50] <http://www.exelisinc.com/solutions/SpearNet-Team-Member-Radio/Documents/Exelis-SpearNet-Team-Member-Radio-Spanish.pdf>
 - [51] <http://www.exelisinc.com/solutions/SpearNet-Team-Member-Radio/Documents/Exelis-SpearNet-Ancillary-Products.pdf>
 - [52] <http://www.exelisinc.com/solutions/SpearNet-Team-Member-Radio/Pages/video.aspx>
 - [53] <http://www.satcomglobal.com/land>
 - Otros productos:
 - [54] <http://www.exelisinc.com/capabilities/tactical-radios/Pages/default.aspx>
- General Dynamics / Thales:
 - AN/PRC-154A: Información del producto y especificaciones técnicas:
 - [55] <http://www.gdc4s.com/anprc-154a-rifleman-radio.html?taxonomyCat=366>
 - [56] <http://thesoldiersnetwork.com/radios/#rifleman>
 - [57] <http://www.thalescomminc.com/content/anprc154family.aspx>
 - [58] General Dynamics Mission Systems: A Global Communications Network-MUOS and the PRC-155 Radio. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?t=131&v=YzNFoW8OWTk>
 - [59] Brigade Modernization Comand. Soldiers integrate Rifleman Radio, Nett Warrior. Disponible en: <https://www.dvidshub.net/video/155909/soldiers-integrate-rifleman-radio-nett-warrior#.VeRlnPntmkp>
 - Otros productos:
 - [60] <http://www.gdc4s.com/products/radios-products-category-listing-page/networking-radios.html?taxonomyCat=396>
- Harris:
 - RF-7800S: Información del producto y especificaciones técnicas:
 - [61] <http://rf.harris.com/capabilities/tactical-radios-networking/rf-7800s-tr.asp>
 - [62] http://rf.harris.com/media/Harris%20RF-7800S%20SPR%20data%20sheet_tcm26-13806.pdf



- [63] <http://rf.harris.com/capabilities/communications-security/embeddable-encryption.asp>
- Otros productos:
 - [64] <http://rf.harris.com/capabilities/tactical-radios-networking/default.asp>
 - [65] <http://rf.harris.com/capabilities/c4isr/rf-7800t.asp>
 - [66] <http://rf.harris.com/capabilities/communications-security/embeddable-encryption.asp>
- ElbitSystems:
 - PNR-500: Información del producto y especificaciones técnicas:
 - [67] <http://www.elbitsystems-us.com/land-c4i-solutions/products/communication-solutions/radios/handheld-radios/personal-network-radio>
 - [68] <http://elbitsystems.com/Elbitmain/files/PNR-500.pdf>
- Otras referencias:
 - [69] PAUL ESCOLANO F. "El proceso de generación de contingentes en el ámbito de la Fuerza Terrestre". Revista Ejército, nº 878, mayo 2014, pp.13-20.
 - [70] PEO soldier: <http://www.peosoldier.army.mil/>
 - [71] Página Ministerio de Defensa. EMMOE: <http://www.ejercito.mde.es/unidades/Huesca/emmoes/>
 - [72] Infodefensa. Noticias de Industria Militar. Septiembre 2007. Edición digital: <http://www.infodefensa.com/es/2007/09/12/noticia-amper-obtiene-un-contrato-de-180-millones-de-euros-para-el-suministro-de-radiotelefonos-pr4g-para-el-ejercito-de-tierra.html>
 - [73] NSA. National Security Agency: https://www.nsa.gov/ia/programs/suiteb_cryptography/
 - [74] LAMELAS GARCÍA T. y GARCÍA MARTÍN A. (2014): Introducción a los Sistemas Globales de Navegación por Satélite. Material didáctico de la Asignatura "Información geográfica digital y Teledetección", Centro Universitario de la Defensa, Academia General Militar, Zaragoza.
 - [75] Página de tecnología aeroespacial. NAVSTAR: <http://www.space.com/19794-navstar.html>
 - [76] Página oficial de GLONASS: <https://www.glonass-iac.ru/en/GLONASS/>

